

Grado en Ingeniería Mecánica  
2018-2019

*Trabajo Fin de Grado*

# Sistema de inyección de vapor

---

Iván Mejías Gutiérrez

Tutor

Néstor García Hernando

Defensa: 11/03/2019 Aula 1.1.G.04



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial**



## Índice de Contenidos

<b>1. OBJETIVO Y RESUMEN</b>	<b>7</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
2.1. Psicrometría.	9
2.2. Procesos Básicos.	13
2.3. Importancia del control de la humedad.	23
2.3.1. Confort Humano.	23
2.3.2. Corrosión.	26
2.3.3. Cargas electrostáticas.	28
2.3.4. Moho y Hongos.	29
2.3.5. Ácaros de polvo e insectos.	30
2.3.6. Bacterias y virus.	31
<b>3. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>32</b>
3.1. Tecnología utilizada para humectar.	32
3.2. Alternativas dentro de la inyección de vapor.	36
3.3. Riesgos higiénicos y problemas ambientales.	38
3.4. Conceptos clave en la inyección de vapor.	40
3.4.1. La distancia de absorción.	40
3.4.2. Carga de vapor.	44
3.4.3. Condensados.	45
3.4.4. Incremento de temperatura.	46
<b>4. CÁLCULOS CLIMATIZACIÓN Y CONTROL DE HUMEDAD.</b>	<b>47</b>
4.1. Normativa de aplicación.	47
4.2. Condiciones de diseño.	48
4.3. Caudales de ventilación.	51
4.4. Instalación de climatización.	52
4.5. Dimensionado del Sistema de inyección y de sus accesorios.	59
<b>5. PRESUPUESTO</b>	<b>68</b>
<b>6. ALTERNATIVAS</b>	<b>70</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>73</b>
<b>9. ANEXOS</b>	<b>74</b>



## Índice de figuras

Figura 1: Diagrama psicrométrico.....	13
Figura 2: Condiciones iniciales de la humidificación isotérmica.....	14
Figura 3: Representación de la humidificación isotérmica en un diagrama psicrométrico. .....	14
Figura 4: Condiciones de salida humidificación isotérmica.....	14
Figura 5: Condiciones iniciales humidificación adiabática.....	15
Figura 6: Representación de la humidificación adiabática en el diagrama psicrométrico. .....	15
Figura 7: Condiciones de salida del proceso de humidificación adiabático.....	16
Figura 8: Condiciones iniciales calentamiento sensible.....	16
Figura 9: Representación del calentamiento sensible en el diagrama psicrométrico. ....	17
Figura 10: Condiciones de salida del proceso de calentamiento sensible.....	17
Figura 11: Condiciones iniciales enfriamiento sensible.....	18
Figura 12: Representación del enfriamiento sensible en el diagrama psicrométrico. ....	18
Figura 13: Condiciones de salida enfriamiento sensible.....	18
Figura 14: Condiciones iniciales deshumidificación por enfriamiento.....	19
Figura 15: Representación de la deshumidificación por enfriamiento en el diagrama psicrométrico.....	19
Figura 16: Condiciones de salida de proceso.....	19
Figura 17: Condiciones iniciales deshumidificación por rotor desecante.....	20
Figura 18: Representación de la deshumidificación por rotor desecante en el diagrama psicrométrico.....	20
Figura 19: Condiciones de salida.....	20
Figura 20: Condiciones iniciales del primer componente de la mezcla.....	21
Figura 21: Condiciones iniciales del Segundo componente de la mezcla.....	21
Figura 22: Representación de una mezcla de dos Corrientes de aire en el diagrama psicrométrico.....	22
Figura 23: Condiciones finales de la mezcla.....	22
Figura 24: Zona óptima de humedad relativa.....	23
Figura 25: Influencia del espesor de la película de agua en el grado de corrosión.....	27
Figura 26: Número de descargas electrostáticas registradas en función de la humedad relativa.....	29
Figura 27: Índice de crecimiento de diferentes hongos en función de la actividad del agua. .....	30
Figura 28: Disposición de los humidificadores en una unidad de tratamiento de aire... 33	33
Figura 29: Instalación de un Sistema de boquillas en una unidad de tratamiento de aire. .....	34
Figura 30: Sistema de boquillas de baja calidad.....	35
Figura 31: Sistema de inyección de vapor de Armstrong.....	37
Figura 32: Sistema de inyección de vapor de Dristeen.....	37
Figura 33: Sistema de inyección de vapor de FISAIR.....	37
Figura 34: Sistema de inyección de vapor de Condair.....	38

Figura 35: Sistema de inyección de vapor de Spirax Sarco. ....	38
Figura 36: Condiciones y lugares que favorecen la proliferación de la Legionella. ....	39
Figura 37: Gráfica de distancia de absorción en la inyección de vapor. ....	42
Figura 38: Software de selección de Dristeam. ....	42
Figura 39: Software de selección de FISAIR. ....	43
Figura 40: Dibujo esquemático sobre la distancia de absorción. ....	44
Figura 41: Tabla de coeficientes de pérdida de carga en válvulas. ....	45
Figura 44: Unidad de tratamiento de aire con diferentes secciones. ....	53
Figura 45: Unidad de tratamiento de aire compacta. ....	54
Figura 46: Unidad de tratamiento de aire modular. ....	54
Figura 42: Instalación de un Sistema de inyección de vapor en una unidad de tratamiento de aire. ....	60
Figura 43: Dibujo esquemático de un Sistema de inyección de vapor con sus componentes. ....	61
Figura 60: Dimensiones internas de la unidad de tratamiento de aire. ....	63
Figura 62: Variación de la densidad del aire en función de la temperatura. ....	63
Figura 63: Modelos de válvulas Schneider Electric. ....	65

## 1. OBJETIVO Y RESUMEN

### Objetivo:

El objetivo principal es explicar la influencia directa de las condiciones ambientales en el bienestar de las personas, en los diferentes edificios en los que se realizan todo tipo de actividades. Considerando tanto las condiciones de confort, como las condiciones idóneas para realizar determinadas actividades o trabajos. Además, ejemplificarlo en la aplicación de las unidades de tratamiento de aire con sus diferentes secciones en el control de las condiciones ambientales.

Más concretamente se pretende dar a conocer las diferentes posibilidades existentes para controlar las condiciones ambientales en lugares tan críticos como hospitales o clínicas sanitarias.

Además, se va a explicar el funcionamiento de los sistemas de inyección de vapor y se van a enumerar las ventajas y desventajas que presenta este tipo de tecnología.

La idea es que se obtengan conocimientos generales sobre el control de la humedad para lograr unas condiciones de confort y las diferentes tecnologías que se pueden utilizar para este fin.

Se va a dimensionar un sistema de inyección de vapor para situarlo en un climatizador del hospital de la localidad valenciana de Manises. Se va a definir el proceso seguido por el aire exterior hasta alcanzar las condiciones psicrométricas necesarias.

También, se analizarán los principales componentes de los sistemas de inyección de vapor, se dimensionarán y se comparará con otras alternativas existentes.

Resumen:

Cada vez son mayores los esfuerzos que se realizan para controlar de una manera más eficiente las condiciones ambientales, tanto en las zonas de trabajo como en las zonas de ocio.

A lo largo de este documento, se van a enumerar y explicar los aspectos fundamentales que se deben considerar en el estudio de las condiciones del aire de los diferentes edificios. También se va a definir la influencia que tienen cada uno de estos aspectos de interés en determinados casos y condiciones.

Por otro lado, se van a explicar las diferentes tecnologías que se utilizan en la actualidad para controlar la humedad del aire y diferenciar el uso de cada una de ellas en función de la aplicación, el presupuesto disponible y los requerimientos higiénicos o certificados.

Para terminar, se va a profundizar en las aplicaciones de la salud, dada su importancia en la vida de las personas y se va a dimensionar un sistema de inyección de vapor diseñado para la sección de humidificación de una unidad de tratamiento de aire. La selección del sistema de inyección de vapor y del climatizador se ha llevado a cabo de acuerdo con la normativa vigente y los estándares mínimos de calidad e higiene comprendidos en las mismas. El sistema de inyección de vapor se debe situar inmediatamente después de la batería de precalentamiento. Es imprescindible respetar la distancia de absorción antes de situar el siguiente elemento del climatizador. El humidificador seleccionado consta de una única lanza de vapor con una longitud total de 900mm. La carga máxima de diseño es de 30kg/h y tiene un precio de lista de 1.825,37 €.

A la hora de decantarse por una alternativa u otra, se ha tenido en cuenta el precio del sistema humectador, los costes asociados a la instalación de las conducciones y el precio del kWh.



## 2. INTRODUCCIÓN

Actualmente, se está invirtiendo más tiempo y dinero en controlar las condiciones ambientales de las diferentes estancias o edificios. La diferencia entre estar en una instalación con las condiciones ambientales ideales o no, puede suponer una gran diferencia para el desarrollo de todo tipo de actividades.

Para ser capaces de conseguir estas condiciones ideales se deben controlar una serie de magnitudes que definen el tipo de aire y su influencia al interactuar con el ser humano. Estos valores significativos se van a describir en el siguiente punto.

### 2.1. Psicrometría.

La psicrometría es una rama de la ciencia que se encarga del estudio de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y de la influencia que tiene sobre los materiales y el confort humano.

El aire húmedo es una mezcla de aire seco y vapor de agua.

- Magnitudes psicrométricas:

Las principales magnitudes que definen el estado del aire son las siguientes:

- Relación de humedad: representa la masa de agua contenida en el aire. Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Relación de humedad } (w) = \frac{\text{masa agua (g)}}{\text{masa de aire seco (g)}}$$

En el diagrama psicrométrico se sitúa en el eje vertical de la parte derecha del mismo. Generalmente se multiplican los valores de humedad absoluta para que las unidades sean más reconocibles. De esta manera, se suele expresar en gramos de vapor comprendidos en un kilogramo de aire.

El valor de la relación de humedad es clave a la hora de controlar las condiciones ambientales de edificio. El objetivo principal del diseñador del sistema de climatización es fijar el valor de humedad absoluta necesario, ya que la temperatura se puede cambiar con mayor facilidad sin necesidad de cambiar la relación de humedad.

- Humedad específica: Los conceptos de humedad específica y de ratio de humedad son a menudo confundidos ya que se calculan de una manera similar y se miden en las mismas unidades g/kg. Sin embargo, no son exactamente iguales. La humedad específica se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Humedad específica} = \frac{\text{masa de agua (g)}}{\text{masa de aire seco (g)} + \text{masa de agua (g)}}$$

La humedad específica no se utiliza con demasiada frecuencia en el control de las condiciones ambientales. Además, no aparece en el diagrama psicrométrico usual.

- Humedad relativa: se mide en porcentaje e indica la relación entre la cantidad de agua en suspensión que tiene un volumen de aire y la cantidad máxima de vapor de agua en suspensión que podría llegar a contener ese mismo volumen de aire para unas determinadas condiciones de presión y temperatura. En el diagrama psicrométrico se representa como una serie de curvas. Cómo ya se ha mencionado con anterioridad, tiene un papel muy significativo a la hora de garantizar el confort de las personas.

El rango óptimo de humedad relativa para garantizar unas condiciones de confort está bien definido entre el 40 y 60%. Hay que destacar que no existe un valor fijo dentro de este intervalo, ya que depende de la actividad que se vaya a realizar en el edificio y de la propia sensación de confort que tenga cada individuo.

Por ejemplo, en un edificio público, tanto los empleados como los clientes, estarán más cómodos si la humedad relativa del ambiente está en torno al cincuenta por ciento. En ambientes en los que la humedad relativa es muy elevada, la sensación de calor es notable, como ocurre en zonas costeras.

Realmente el confort humano está más influenciado por la presión de vapor del aire que por el concepto de humedad relativa. Sin embargo, la humedad relativa se puede medir con mayor facilidad y el concepto está más generalizado. Actualmente existen aparatos electrónicos que permiten medir con gran exactitud y rapidez la humedad relativa. Los sensores de humedad pueden medir tanto la humedad relativa como la temperatura de bulbo seco a través de una sonda.

- Temperatura de bulbo seco: Temperatura tradicional. Es el valor de temperatura que miden los termómetros. Se corresponde con la sensación térmica. El rango de temperatura de bulbo seco óptimo, para el ser humano, se encuentra entre los 15 y los 22 grados centígrados. En el diagrama psicrométrico se encuentra en el eje horizontal.

La cantidad máxima de agua que puede contener el aire está directamente relacionada con la temperatura, por lo que es un dato terminante en los sistemas para controlar la humedad.

- Temperatura de bulbo húmedo: Temperatura a la cual se produce la evaporación. No puede ser medida por un termómetro convencional. Para poder obtener mediciones de temperatura de bulbo húmedo, se tiene que envolver el bulbo sensible de un termómetro convencional con un paño húmedo. El propio cambio de estado consume una energía que se transforma en un enfriamiento. La temperatura de bulbo húmedo siempre será inferior a la temperatura de bulbo seco excepto en los puntos de la curva de saturación, en los que ambas temperaturas serán iguales. En el diagrama psicrométrico la temperatura de bulbo húmedo se representa en líneas diagonales.

La temperatura de bulbo húmedo es muy importante en el control de la humedad. Marca la temperatura mínima que se puede obtener mediante enfriamiento evaporativo.

Tradicionalmente, la temperatura de bulbo húmedo ha sido utilizada para analizar y controlar los sistemas HVAC. Sin embargo, la caída de los precios que sufrieron los dispositivos para medir la humedad relativa, propició que se dejase de utilizar.

- Temperatura de rocío: Cuando el aire entra en contacto con una superficie, el agua que contiene se condensa si la temperatura a la que se encuentra dicha placa es inferior a la temperatura de rocío. Por lo que la temperatura de rocío es la mínima temperatura a la que se pueden encontrar las superficies que estén en contacto con el aire sin que se produzca condensación. En el diagrama psicrométrico se obtiene avanzando horizontalmente desde el punto en cuestión hasta la curva de saturación y después descendiendo de forma horizontal hasta el eje de temperatura.

La temperatura de rocío depende de la presión de vapor y puede ser un factor determinante cuando se requiere un preciso control de la humedad en localizaciones de elevada altitud.

Algunos sistemas HVAC pueden mantener las condiciones ambientales de un edificio en un rango de temperatura de rocío con menor coste y complejidad que otro que lo mantenga en un rango de humedad relativa. Además, la temperatura de rocío no se ve afectada por cambios en la temperatura del bulbo seco, como si le ocurre a la humedad relativa. Sólo se ve afectada si se añade o se elimina vapor de agua del aire.

- Presión de vapor: Las moléculas de vapor de agua que se encuentran en el aire ejercen una presión sobre el mismo. A mayor cantidad de moléculas mayor presión de vapor. En el diagrama psicrométrico la presión de vapor se encuentra en el mismo eje que la humedad absoluta, pero en una escala secundaria.

Es uno de los factores claves en el diseño y la operación de los sistemas HVAC. Las diferencias en la presión de vapor provocan que el vapor de agua no se distribuya de manera uniforme en todos los puntos de la instalación. Además, estas diferencias de presión originan una serie de fuerzas que pueden provocar serios problemas en las instalaciones.

Uno de los ejemplos más significativos es el deterioro de la pintura de los edificios. La diferencia de presión entre el aire frío y seco del exterior y los revestimientos de los edificios provoca que la pintura se agriete o incluso se desprenda. Los movimientos de vapor pueden causar condensaciones, corrosión y crecimiento de moho cuando, este vapor de agua entra en contacto con superficies frías dentro de las cavidades de los edificios.

- Entalpía: La entalpía cuantifica la cantidad de calor contenida en el aire. Este calor total se puede dividir en calor sensible y calor latente. En el diagrama psicrométrico la entalpía también se representa en líneas diagonales. Sin embargo, no coinciden exactamente con las líneas de temperatura de bulbo húmedo.

Los valores de entalpía son importantes porque determinan la energía requerida para cambiar las condiciones iniciales del aire hasta las condiciones deseadas. Pequeñas diferencias de entalpía pueden suponer grandes diferencias en las capacidades de los equipos necesarios para variar estas condiciones. Esto se hace realmente visible en grandes edificios, como por ejemplo edificios comerciales, en los que son necesarios grandes flujos de aire para calentar y enfriar el ambiente. La entalpía del aire húmedo puede expresarse en función de las entalpías por unidad de masa de aire seco y del vapor de agua. Sin embargo, en los procesos de climatización suele expresarse por unidad de masa de aire seco, ya que la masa de aire seco suele permanecer constante a lo largo de todo el proceso mientras que la del vapor de agua varía en función de las necesidades del edificio.

Las magnitudes descritas anteriormente, se representan en un diagrama psicrométrico. Conociendo dos de estas magnitudes se pueden conocer todas las demás ya que en este diagrama se muestran las relaciones entre ellas.

En la *figura 1* se muestran las diferentes magnitudes y las líneas que siguen en un diagrama psicrométrico.

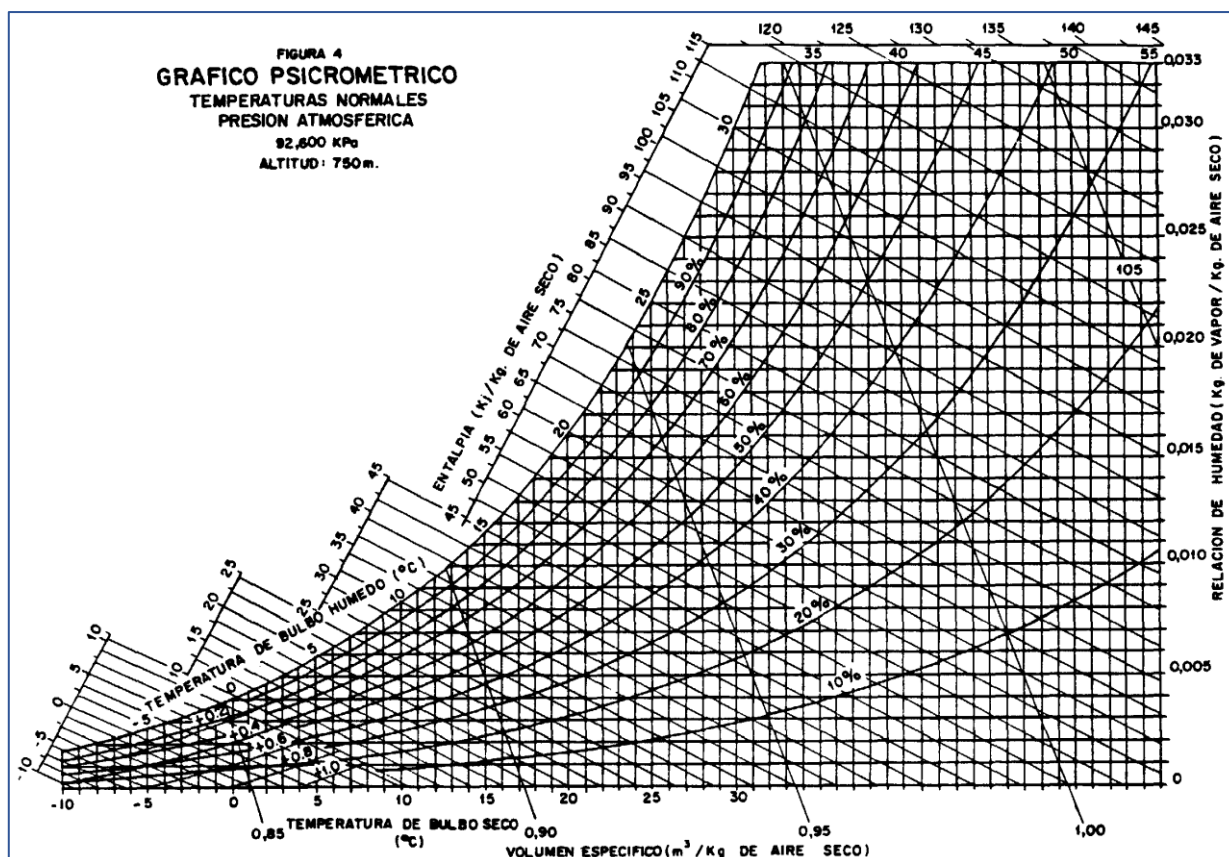


Figura 1: Diagrama psicrométrico. Willis Carrier's diagram

## 2.2 Procesos Básicos.

Una vez analizadas las diferentes magnitudes que definen las condiciones del aire y situadas en el diagrama psicrométrico, se van a estudiar los diferentes procesos que se utilizan en la industria de la climatización para variar estas condiciones. Cada proceso tiene sus particularidades y se van a mostrar en el diagrama psicrométrico.

1. Humidificación Isoterma: Se aumenta la relación de humedad del aire sin variar su temperatura de bulbo seco. Para aumentar la humedad absoluta del aire se suele inyectar vapor saturado. Este proceso es ideal, es muy complicado alcanzar las condiciones necesarias para que el proceso sea completamente isotérmico. Siempre lleva asociado un aumento de temperatura, que depende tanto del tipo de Sistema utilizado como de la cantidad de vapor que se aporte al flujo de aire.

Es preciso destacar que este tipo de humidificación requiere aporte de energía exterior, ya que es necesario generar el vapor, ya sea en una caldera, en un intercambiador de calor o en un generador.

En la *figura 2* se muestran las condiciones iniciales del proceso de humidificación isotérmico.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
20	20	2,9

Figura 2: Condiciones iniciales de la humidificación isotérmica.

En la *figura 3* se representa el proceso isotérmico en el diagrama psicrométrico.

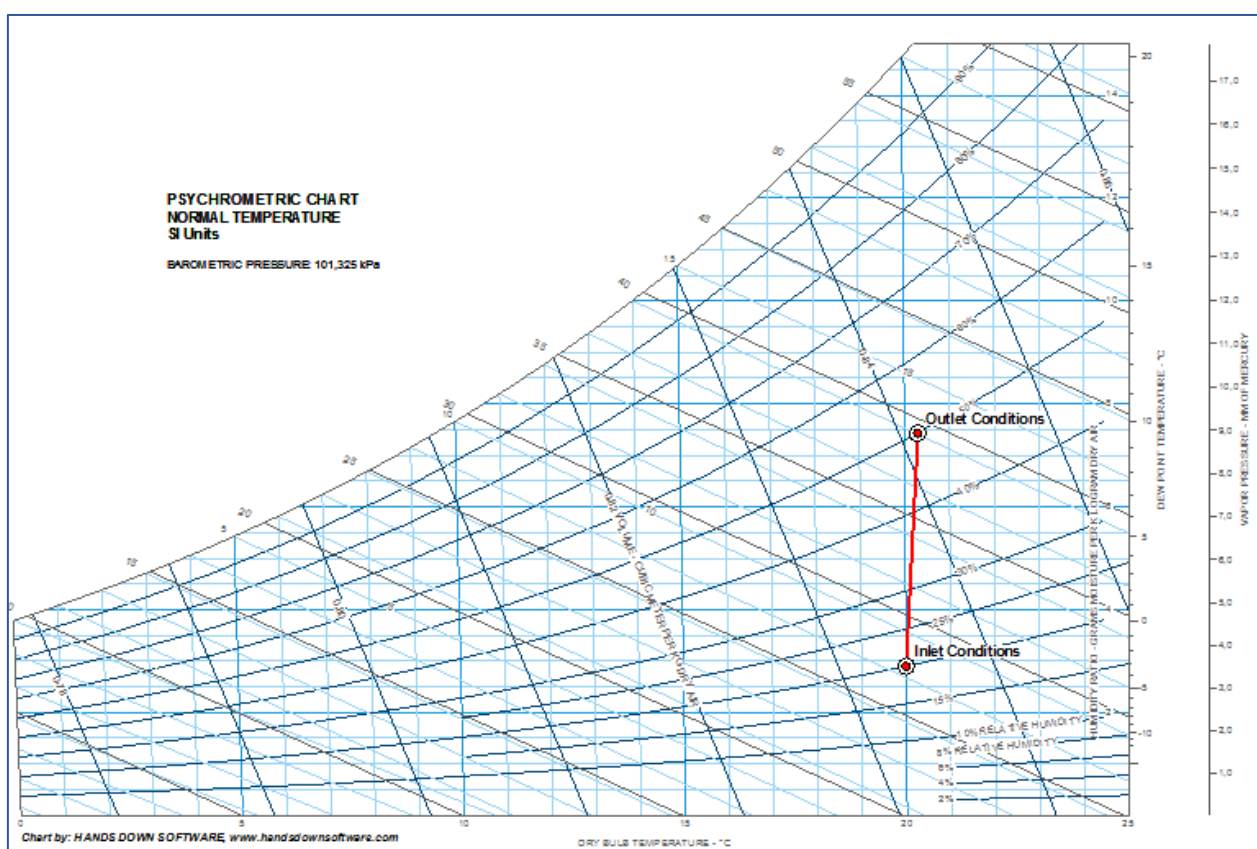


Figura 3: Representación de la humidificación isotérmica en un diagrama psicrométrico.

Las condiciones de salida del proceso de humidificación isotérmica se recogen en la *figura 4*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
20,3	50	7,43

Figura 4: Condiciones de salida humidificación isotérmica.



2. **Humidificación Adiabática:** Se aumenta la relación de humedad del aire sin necesidad de aportar energía de una fuente exterior. Al contrario de como ocurre en la humidificación isotérmica, ya que se necesita energía para formar el vapor. La adición de humedad se produce por contacto entre una corriente de aire y un panel saturado de agua. Este fenómeno físico lleva asociada una disminución de la temperatura. La corriente de aire no solo aumenta su humedad si no que reduce su temperatura de bulbo seco. Los humidificadores de panel se utilizan tanto para humectar cómo para mejorar la eficiencia de los intercambiadores.

Esta tecnología se conoce como *free cooling*, ya que se consigue enfriar el aire del proceso sin apenas consumir energía.

Se muestra en la *figura 6* un ejemplo, partiendo de las condiciones iniciales recogidas en la *figura 5*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
25	30	5,92

Figura 5: Condiciones iniciales humidificación adiabática.

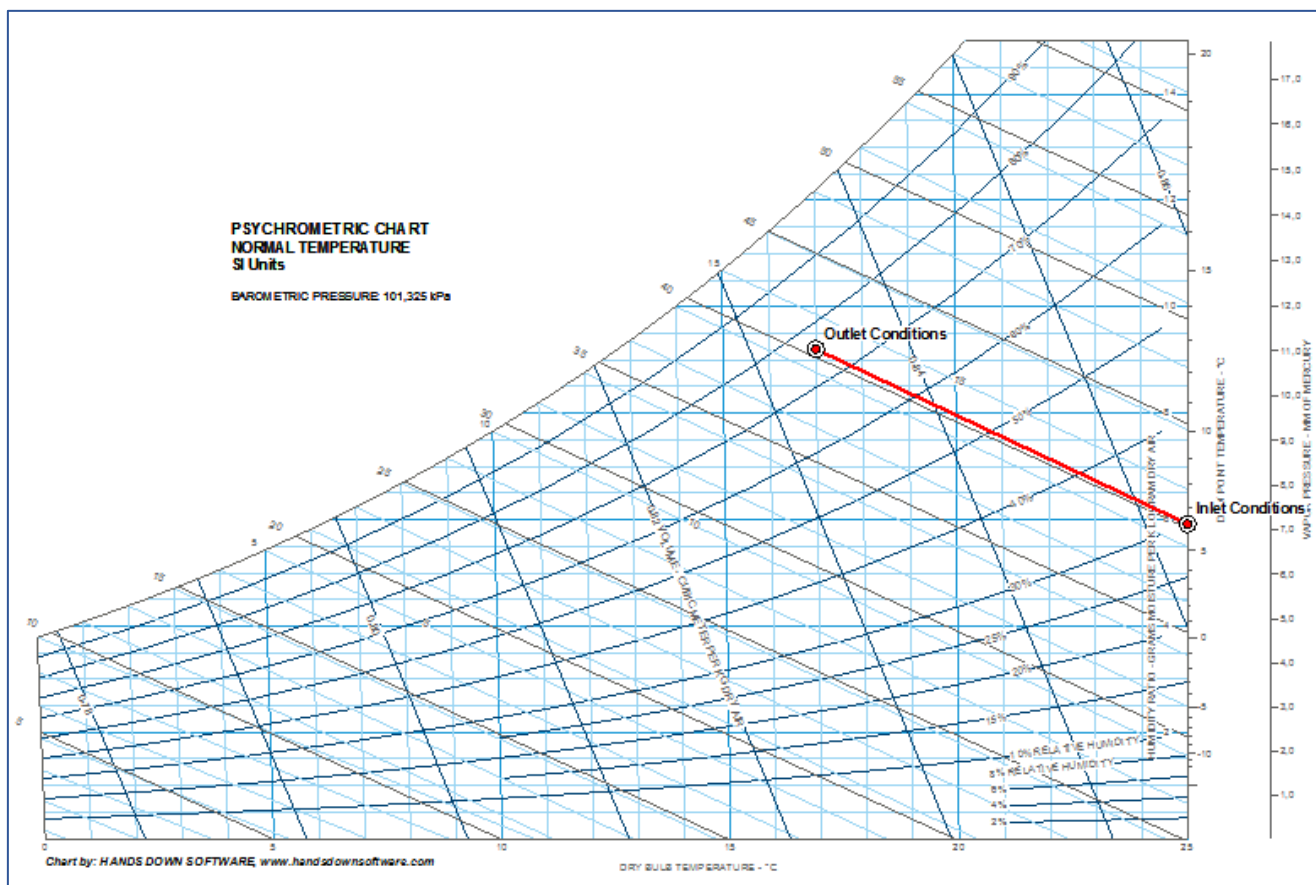


Figura 6: Representación de la humidificación adiabática en el diagrama psicrométrico.

Las condiciones aguas abajo del humidificar evaporativo se muestran en la *figura 7*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
17	75,6	9,2

*Figura 7: Condiciones de salida del proceso de humidificación adiabático.*

3. Calentamiento sensible: Se aumenta la temperatura del aire sin variar su contenido en agua, es decir, sin que varíe la relación de humedad del mismo. Esto se consigue aportando calor seco a la corriente de aire. Para ello, se utilizan quemadores de gas o calentadores eléctricos. Este proceso suele utilizarse para afinar la temperatura deseada una vez conseguida la relación de humedad necesaria. También se utilizan baterías de precalentamiento para calentar una corriente de aire sin aportar ni eliminar humedad de esta. Es necesario resaltar que la humedad relativa sí varía en este proceso.

Se muestra en la *figura 9* un ejemplo, partiendo de las condiciones iniciales recogidas en la *figura 8*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
4	45	2,26

*Figura 8: Condiciones iniciales calentamiento sensible*



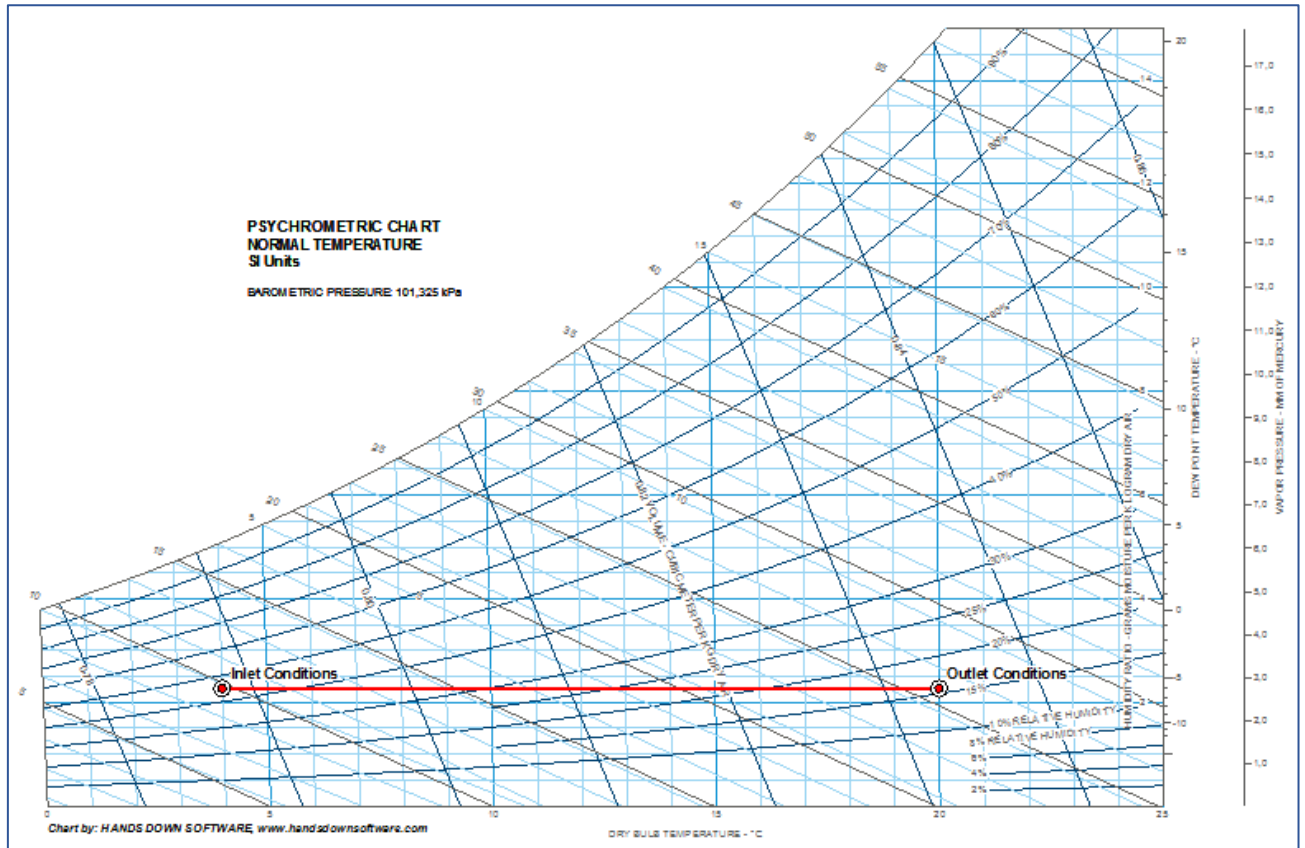


Figura 9: Representación del calentamiento sensible en el diagrama psicrométrico.

Las condiciones de salida del proceso se muestran en la *figura 10*:

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
20	15,7	2,26

Figura 10: Condiciones de salida del proceso de calentamiento sensible.

4. Enfriamiento sensible: Se disminuye la temperatura del aire sin variar su contenido en vapor de agua. Para ello se absorbe parte del calor sensible del aire. Esto se lleva a cabo en intercambiadores de calor, en los que el calor extraído de la corriente de aire principal es absorbido por un fluido refrigerante. Después este calor puede ser transferido a una corriente de aire secundaria. Es el proceso inverso al calentamiento sensible.

En la *figura 12* se muestra un ejemplo, partiendo de las condiciones iniciales recogidas en la *figura 11*:

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
30	45	12

Figura 11: Condiciones iniciales enfriamiento sensible.

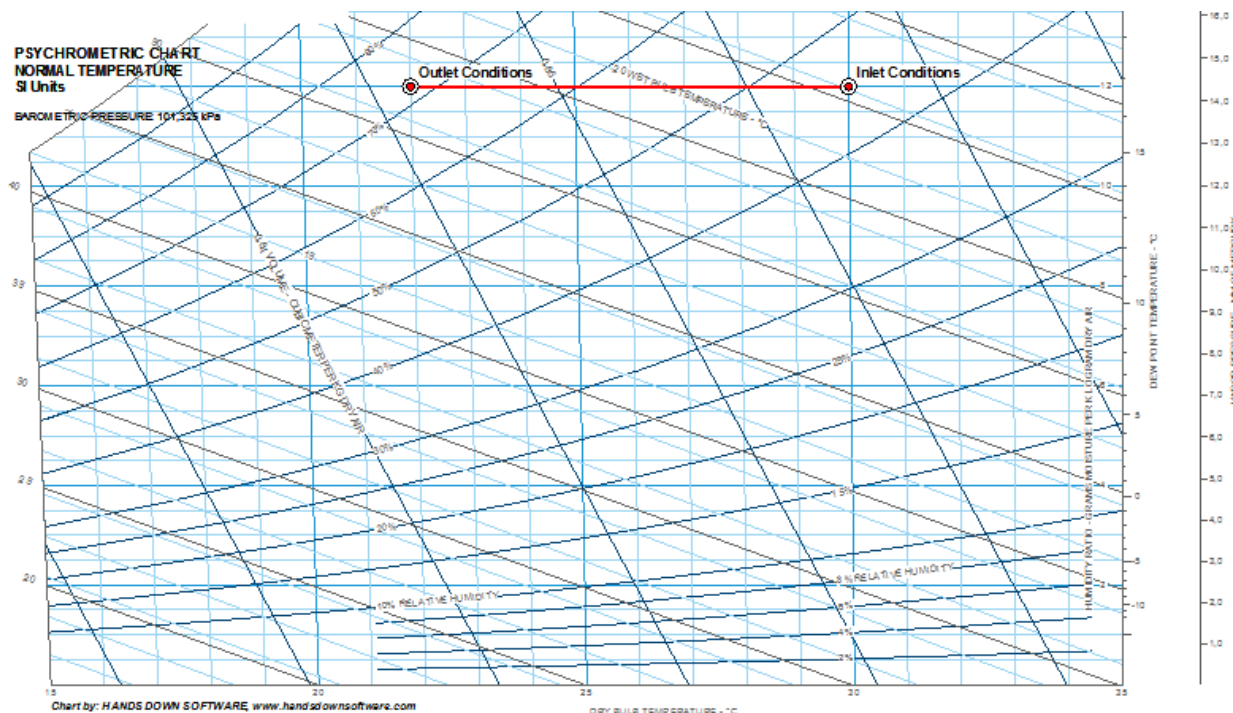


Figura 12: Representación del enfriamiento sensible en el diagrama psicrométrico.

Las condiciones de salida se muestran en la *figura 13*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
22	72,3	12

Figura 13: Condiciones de salida enfriamiento sensible.

5. Deshumidificación por enfriamiento: Es la tecnología que se emplea para deshumidificar en la mayoría de los edificios comerciales. El aire se enfría por debajo de su temperatura de rocío consiguiendo que condense el vapor que contiene. Para ellos se hace pasar a la corriente de aire por un intercambiador de tubos con continuos cambios de dirección que favorecen la condensación del vapor sobre las superficies frías del cooling coil. Gracias a este proceso se consigue deshumectar y enfriar el aire con un único elemento.

Para calcular la energía necesaria para conseguir el cambio de condiciones, se utiliza la variación de entalpía.

Se muestra en la *figura 15* un ejemplo, partiendo de las condiciones iniciales que se muestran en la *figura 14*:

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
23,9	50,1	9,3

Figura 14: Condiciones iniciales deshumidificación por enfriamiento.

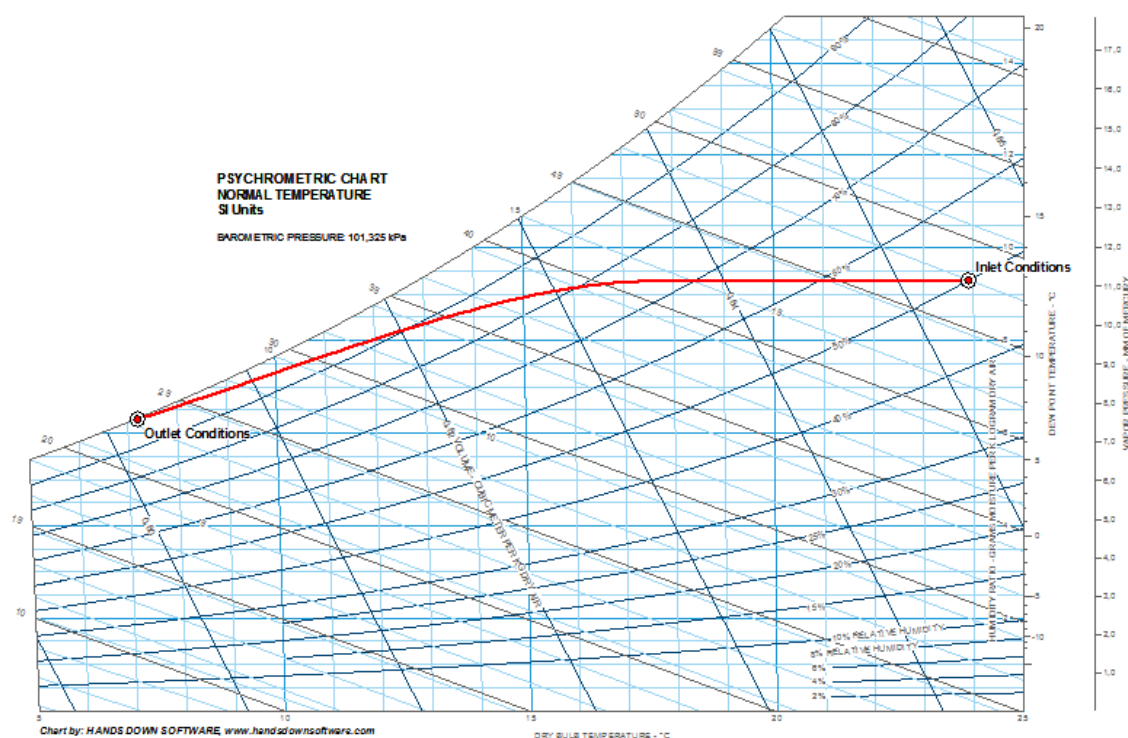


Figura 15: Representación de la deshumidificación por enfriamiento en el diagrama psicrométrico.

Las condiciones aguas abajo del equipo se recogen en la *figura 16*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
7,2	99,6	6,3

Figura 16: Condiciones de salida de proceso.

6. Deshumidificación por rotor desecante: Alternativa a la deshumidificación por enfriamiento. Se hace pasar la corriente de aire por un panel impregnado con un desecante. El desecante atrae la humedad porque su presión de vapor es inferior a la presión de vapor del air húmedo. Es el proceso contrario a la humidificación adiabática. La temperatura de bulbo húmedo se mantiene constante durante el mismo.

Se muestra en la *figura 18* un ejemplo, partiendo de las condiciones iniciales recogidas en la *tabla 17*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
20	80	11,75

Figura 17: Condiciones iniciales deshumidificación por rotor desecante.

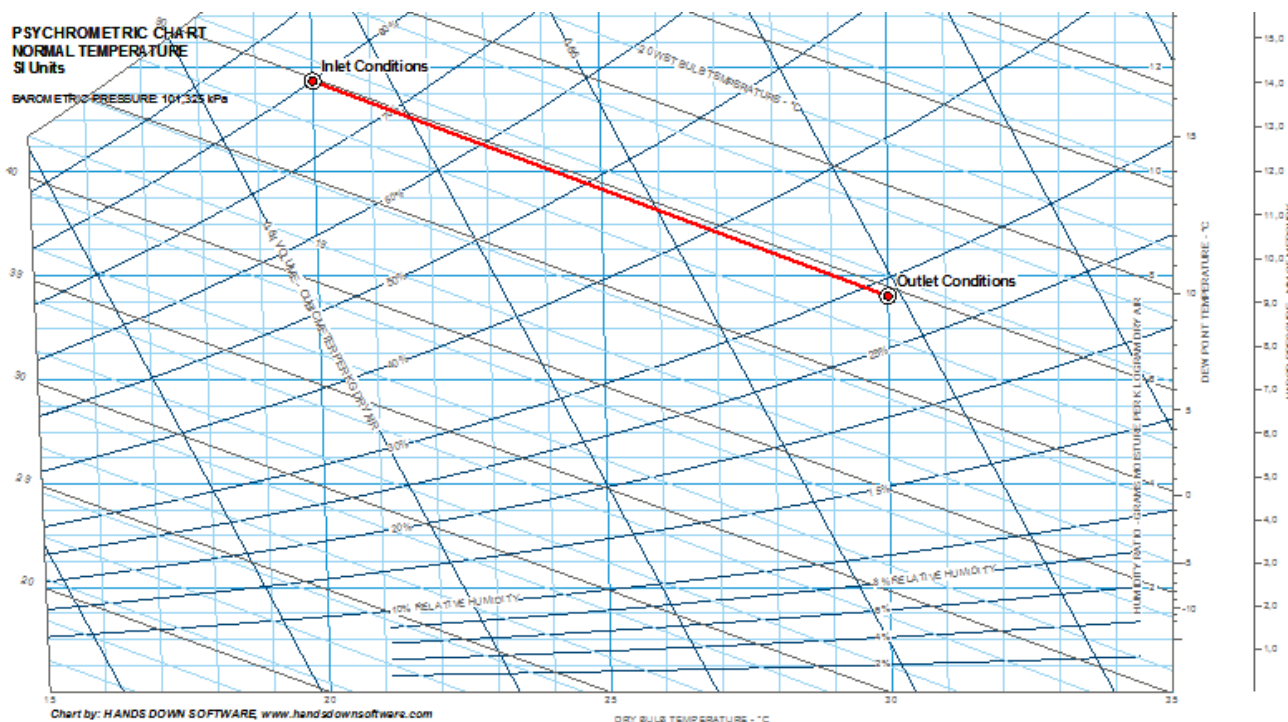


Figura 18: Representación de la deshumidificación por rotor desecante en el diagrama psicrométrico.

Las condiciones obtenidas gracias al deshumidificador se muestran en la *figura 19*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
30	28,7	7,6

Figura 19: Condiciones de salida.

7. Mezcla de dos corrientes de aire: La mezcla no es un proceso psicrométrico en sí misma, pero se utiliza con mucha frecuencia en las instalaciones de climatización. Permite lograr un ahorro energético considerable. Se utiliza la temperatura del flujo de aire de expulsión para aumentar la temperatura de aire de renovación. De esta manera, el incremento de temperatura que tiene que proporcionar la batería de precalentamiento es mucho menor. Sin embargo, en algunas aplicaciones la recirculación de aire no está permitida. Como es el caso de los quirófanos. En estos casos el aire nuevo que entra en las estancias es cien por cien de renovación. En el diagrama psicrométrico se define una línea de mezcla uniendo ambos puntos por una recta, como aproximación, ya que no debería ser una recta perfecta. El punto final se encontrará en dicha recta.

Se va a mostrar una mezcla de dos corrientes de aire en un diagrama psicrométrico.

El primer punto muestra las condiciones de la primera corriente de la mezcla. Se muestran dichas condiciones en la *figura 20*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
22	50	8,26

*Figura 20: Condiciones iniciales del primer componente de la mezcla.*

El caudal de esta corriente es de 2700 m<sup>3</sup>/h.

Por otro lado, el segundo punto muestra las condiciones de la segunda corriente de la mezcla. Se han recogido sus condiciones iniciales en la *figura 21*.

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
4	40	2,01

*Figura 21: Condiciones iniciales del Segundo componente de la mezcla.*

El caudal de esta corriente es de 1000 m<sup>3</sup>/h.

Se representa la mezcla en el diagrama psicrométrico de la *figura 22*.

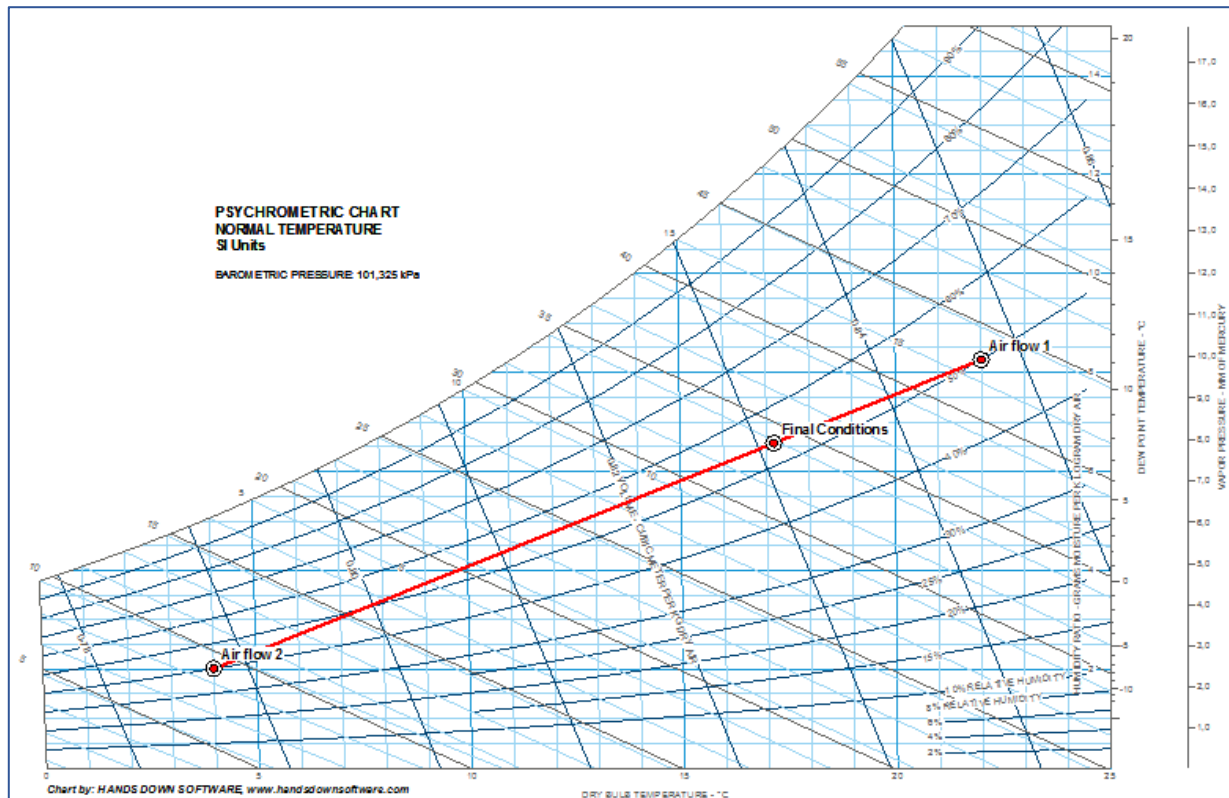


Figura 22: Representación de una mezcla de dos Corrientes de aire en el diagrama psicrométrico.

Las condiciones después de la mezcla se recogen en la *figura 23*:

Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%]	Relación de humedad [g/kg]
17,2	54	6,6

Figura 23: Condiciones finales de la mezcla.

El flujo de aire final sería la suma de las dos iniciales, por lo que el caudal tras la mezcla sería de 3700 m<sup>3</sup>/h.

Se puede observar que el punto final tras la mezcla se encuentra más próximo al punto que representa a la corriente de aire inicial con un mayor caudal.

La conclusión es lógica ya que dicha corriente aporta más masa de aire a la mezcla, por lo que sus condiciones serán más próximas a las condiciones finales.



### 2.3. Importancia del control de la humedad.

A lo largo de la historia, se ha ido aumentando la inversión y la investigación en el confort humano. Durante la década de los ochenta, se empezó a valorar significativamente la importancia del control de la humedad.

Diferentes estudios demuestran que existe un rango óptimo de humedad relativa en el cual se maximiza la sensación de confort y al mismo tiempo, se minimizan los riesgos contra la salud.

En la *figura 24* se muestra la concentración de diferentes organismos o enfermedades en función de la humedad relativa del ambiente.

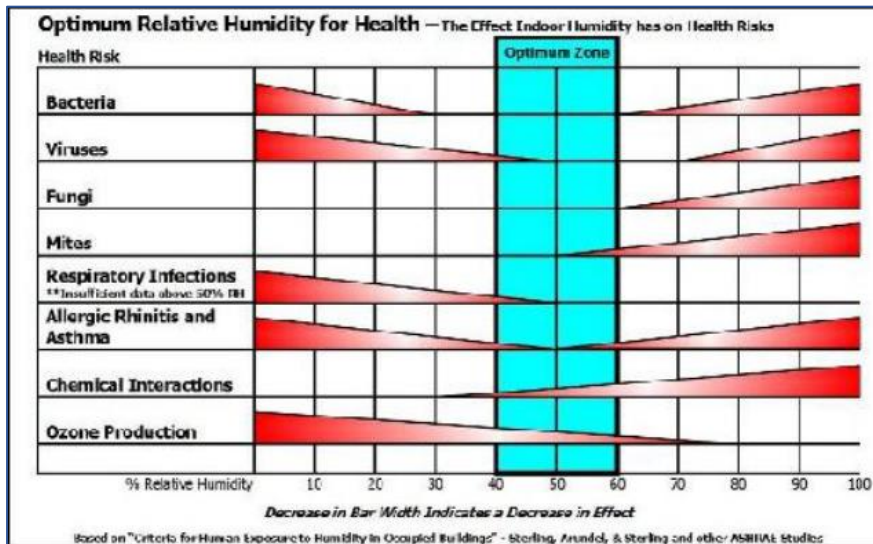


Figura 24: Zona óptima de humedad relativa. "Humidity control Design Guide". [8]

Se puede apreciar, que el rango óptimo de humedad relativa es [40-60] %. Es importante destacar, que el exceso de humedad relativa puede llegar a ser tan perjudicial cómo la falta de esta.

A continuación, se va a estudiar la influencia que tiene la humedad del aire en diferentes aspectos fundamentales que se dan u originan en los lugares de ocio, de trabajo o en los entornos industriales en lo que las personas invierten su tiempo.

#### 2.3.1. Confort Humano.

La sensación de confort es absolutamente subjetiva. Es realmente complicado satisfacer las necesidades de todas las personas que se encuentran en una estancia. Las personas pueden presentar diferentes necesidades térmicas en función de la edad, la actividad corporal o su metabolismo.

Tradicionalmente, se ha controlado la temperatura del aire de las instalaciones para alcanzar las condiciones ambientales idóneas. Sin embargo, este método da lugar a los inconvenientes que se han mencionado con anterioridad. Algunos de los ocupantes de la estancia pueden experimentar una sensación térmica de frío mientras otros pueden experimentar una sensación de confort.

Los diseñadores de equipos HVAC pueden minimizar este problema controlando de manera simultánea o separada, humedad y temperatura.

Controlando dos variables en lugar de solo una, el sistema HVAC puede ajustar las condiciones de acuerdo a las necesidades de diferentes tipos de cuerpos, actividades físicas e indumentarias.

El bienestar humano requiere una temperatura corporal de treinta y siete grados centígrados. Cuando dicha temperatura varía se reduce la sensación de confort.

A continuación, se va a explicar cómo afecta la variación de una serie de condicionantes que están directamente relacionadas con la caída o el aumento de la temperatura corporal:

- Temperatura de bulbo seco: En los edificios públicos, la temperatura del aire es la clave para determinar el confort. Debe estar situada entre los veinte y los veintiséis grados centígrados. Si sale de este intervalo, la gran mayoría de los ocupantes se encontrarán en una zona no grata con mayor probabilidad. Es la manera más tradicional de controlar el ambiente en una instalación.
- Punto de rocío y presión de vapor: Durante los periodos de inactividad o descanso de las personas, la humedad contenida en el aire no influye de manera significativa en el confort. La humedad absoluta no suele ser muy alta en edificios comerciales y las personas suelen adaptarse a las condiciones gracias a la ropa. Sin embargo, cuando hay gente realizando actividades físicas que requieran un gasto de energía, el control del punto de rocío se vuelve muy importante, ya que dicta la presión de vapor del aire que gobierna la evaporación.

Cuando aumenta considerablemente el nivel de actividad de un cuerpo se alcanza el límite en el cual no es capaz de liberar calor, bien sea por radiación o por convección. Una vez alcanzado este límite la mayoría de calor se libera por evaporación.

El ratio de evaporación depende de la diferencia entre la presión de vapor del aire de la estancia y la presión de vapor del aire saturado que está en contacto con la piel. Cuando se incrementa esta diferencia el cuerpo puede ser enfriado con mayor rapidez. Como conclusión, el cuerpo humano libera calor con mayor rapidez y facilidad cuando el punto de rocío se mantiene bajo, y más despacio y con dificultad cuando se incrementa.

Por lo tanto, si el punto de rocío es alto y por consiguiente la presión de vapor, la sensación térmica de calor es más severa. Se limita el proceso de enfriamiento relacionado con la transpiración del cuerpo.

Sin embargo, en regiones frías el problema es justo el contrario. Al no haber una cantidad excesiva de humedad, el punto de rocío se presupone muy bajo, lo que implica que el calor seco y evaporativo se libera con mayor velocidad. Zonas



membranosas del cuerpo humano sufren especialmente, como los ojos y la nariz ya que pueden sufrir irritaciones. En definitiva, el confort humano es óptimo cuando el punto de rocío pertenece a un rango medio.

- Humedad relativa: Los valores de la humedad relativa también afectan a las condiciones de confort. Sin embargo, sus efectos son indirectos y no inmediatos. Los materiales absorben o liberan humedad dependiendo del valor de humedad relativa del aire que los rodea. Cuando aumenta la humedad relativa la ropa recoge parte de la humedad del ambiente, lo que aumenta la fricción contra la piel. Esto origina una sensación desagradable muy característica en ambientes húmedos. Sensación de ambiente “pegajoso”.

Otro de los inconvenientes que se dan en los ambientes donde la humedad relativa es alta, es la proliferación de insectos y hongos. Les resulta más sencillo obtener agua de las superficies de los entornos húmedos. Esto permite que se reproduzcan con mayor velocidad.

Tanto los insectos como los hongos son un potencial riesgo para la salud y el confort de las personas. Sin embargo, los efectos que producen no son inmediatos ya que necesitan un tiempo para desarrollarse.

- Velocidad del aire: La velocidad del aire que está en contacto con la piel influye de manera directa en el comportamiento del cuerpo humano, ya que cede más calor cuando la velocidad del aire es mayor. Esto se debe al fenómeno conocido como la disipación de calor por flujo de aire.

Este hecho se da con relativa frecuencia en el sector servicios. Por ejemplo, en restaurantes, en los que se puede diferenciar la situación de los camareros y la de los clientes. Los camareros como están en movimiento continuo generan calor por lo que tienden a buscar las corrientes de aire de la instalación para disipar este calor. Los clientes, sin embargo, permanecen quietos en su mesa. No generan excesivo calor, por lo que un corriente de aire directa puede suponer un enfriamiento excesivo y repentino.

El control de estos flujos de aire es imprescindible para conseguir unas condiciones ambientales de confort en las estancias y locales.

Es necesario tener en cuenta tanto las corrientes generadas por la geometría del local, como las corrientes artificiales que se generan por los aparatos de climatización o difusores.

- Temperatura de las superficies: A través de la radiación todos los objetos intercambian calor en el universo. Esto ocurre también en las instalaciones y edificios públicos. El cuerpo humano emite calor hacia las paredes, suelos y mobiliario y estos a su vez emiten calor hacia el cuerpo humano en retorno. La ganancia neta o pérdida de calor del cuerpo humano depende de la diferencia de temperatura entre la superficie del cuerpo y las otras superficies de la habitación.

Este fenómeno se hace más visible en los establecimientos con amplias cristalerías. Las personas situadas cerca de un cristal o superficie fría, tendrán una sensación térmica más fría que las personas que estén situadas cerca de muros de hormigón o paredes convencionales. Los cristales generalmente son superficies frías que absorben calor de las superficies más calientes de sus alrededores mientras que las paredes convencionales conservan mejor el calor, por lo que tienden a emitirlo.

Gracias a la radiación de calor, podemos llegar a comprender porque algunas situaciones laborales son realmente adversas. Por ejemplo, una cocina en la época más fría del año. Los hornos, freidoras y otros útiles de cocina emiten una gran cantidad de calor que es absorbido de manera directa por determinadas partes del cuerpo como la espalda y el tronco. Por otro lado, las extremidades y la cabeza son propensas a ceder calor hacia las paredes y los pavimentos que están a menor temperatura.

El cuerpo humano es capaz de compensar pequeñas diferencias de temperatura entre las diferentes partes del mismo. Sin embargo, cuando estas diferencias son muy elevadas, se genera una sensación de incomodidad que influye de manera directa en el correcto desempeño de las actividades laborales.

Actualmente, se están desarrollando sistemas de calentamiento y enfriamiento por radiación que permiten obtener condiciones de confort sin necesidad de tratar toda la masa de aire de la instalación.

### 2.3.2 Corrosión.

La corrosión de los materiales metálicos se origina cuando corrientes eléctricas fluyen a través de la superficie desde áreas de alto potencial eléctrico hasta áreas de bajo potencial eléctrico.

Este fenómeno se acelera cuando está presente una pequeña película conductiva o electrolito. Concretamente, el agua es un electrolito muy efectivo, ya que contiene moléculas conductivas como la sal o algunos ácidos.

El aire contiene vapor de agua en continuo movimiento. Cuando entran en contacto con una superficie fría condensan y pueden llegar a formar una película muy fina que acelere la corrosión.

Este fenómeno se produce porque las moléculas de vapor se ven atraídas por las partículas de la superficie.

A partir de un valor crítico, si sigue acumulándose agua en la superficie metálica el efecto que se produce es inverso. Si el espesor de la película de agua aumenta impide la difusión del oxígeno lo que reduce la velocidad de la corrosión.

En la figura 25 se muestra la relación existente entre el espesor de la película de agua y el índice de corrosión.

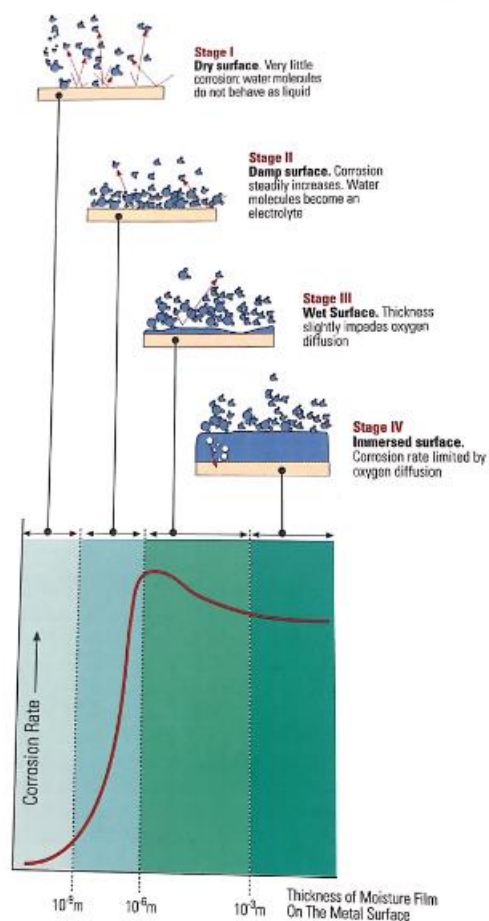


Figura 25: Influencia del espesor de la película de agua en el grado de corrosión. "Humidity control Design Guide". [8]

En definitiva, la humedad relativa y el número de partículas de agua atraídas por las superficies son directamente proporcionales. Por esta razón, encontrar el punto óptimo de humedad relativa de un ambiente puede reducir o retrasar los efectos de la corrosión sobre las superficies metálicas.

Por otro lado, es importante destacar que la humedad relativa no afecta de igual forma a todos los metales. Cada metal posee su propio valor de humedad relativa crítica para la cual se potencia el índice de corrosión.

### 2.3.3 Cargas electrostáticas.

Las descargas electrostáticas también se ven afectadas por la cantidad de humedad del ambiente. En los climas fríos dichas descargas son mucho más frecuentes que en climas cálidos. Esto se debe a los ambientes secos característicos de los climas fríos.

La electricidad electrostática se genera cuando dos superficies de materiales disímiles se encuentran separados el uno del otro. Se genera una diferencia de potencial eléctrico entre las dos superficies. El tamaño de la carga depende de las características eléctricas de las superficies, del tamaño de la superficie, de la distancia de separación y de la frecuencia.

Normalmente la carga electrostática que se genera desaparece en cuestión de milisegundos, por lo que no se llegan a apreciar sus efectos. Sin embargo, el índice de decaída de la carga depende de la resistencia eléctrica de los materiales. Si la resistencia es alta, la carga no fluye a través del material hacia tierra, pero si la resistencia es baja la carga fluye con rapidez por el material o la persona que esté en contacto con tierra.

La humedad juega un papel fundamental en la generación de cargas electrostáticas. Cuando la humedad del aire es alta, los materiales absorben parte del vapor volviéndose automáticamente en mejores conductores. De esta manera la carga no se acumula ya que está continuamente fluyendo hacia tierra.

El efecto inverso tiene lugar en los ambientes secos. Las superficies son menos conductoras, por lo que la carga se va acumulando ya que no se descarga.

En la *figura 26* se puede ver el número de descargas en función de la humedad relativa.

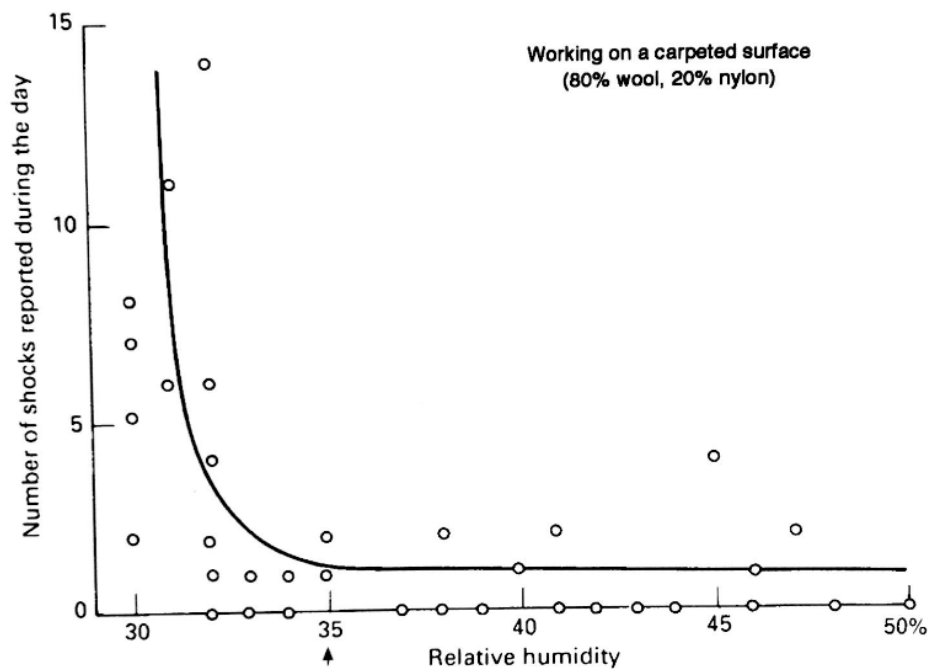


Figura 26: Número de descargas electrostáticas registradas en función de la humedad relativa. "Humidity control Design Guide". [8]

Cómo se puede observar las descargas electrostáticas son más frecuentes cuando la humedad relativa es menor de 35%.

#### 2.3.4 Moho y Hongos.

La aparición de hongos y moho en los sistemas de ventilación pueden llegar a suponer un alto riesgo para la salud humana y para la integridad de los materiales. Normalmente, son detectados porque su aparición lleva asociado un olor característico a humedad. El problema es que cuando se suelen detectar el problema ya se ha estabilizado.

Los hongos son esenciales para la vida en La Tierra ya que se encargan de descomponer la materia inerte.

Un metro cúbico de aire contiene entre 3000 y 5000 unidades de formación de colonias, aunque los filtros limitan el número de esporas que se introducen en los edificios, no pueden evitar que una gran cantidad se adentre en todos los edificios. Cuando la humedad del ambiente es alta favorece el crecimiento de los hongos. La humedad de las superficies ayuda a los hongos a disolver el material, lo que favorece su crecimiento ya que pueden alimentarse de la materia que se está descomponiendo.

Aunque la humedad es el factor más determinante, la temperatura también tiene una gran influencia en la proliferación de los hongos.

Cada tipo de hongo posee un rango de temperatura óptimo que les permite extenderse. Si la temperatura está fuera de este rango, el crecimiento es muy lento o prácticamente imposible. Sin embargo, otro hongo si se encontrará en su rango óptimo de temperatura para crecer.

En cambio, si la humedad absoluta es muy baja ningún hongo puede crecer ya que no pueden acceder a los nutrientes necesarios. Las esporas pueden permanecer inactivas si se encuentran en una superficie seca, pero en el momento en el que haya presencia de humedad empezarán a proliferarse.

En la *figura 27* se puede observar la relación entre el índice de crecimiento a 25°C (micrómetros por hora) en función de la actividad del agua.

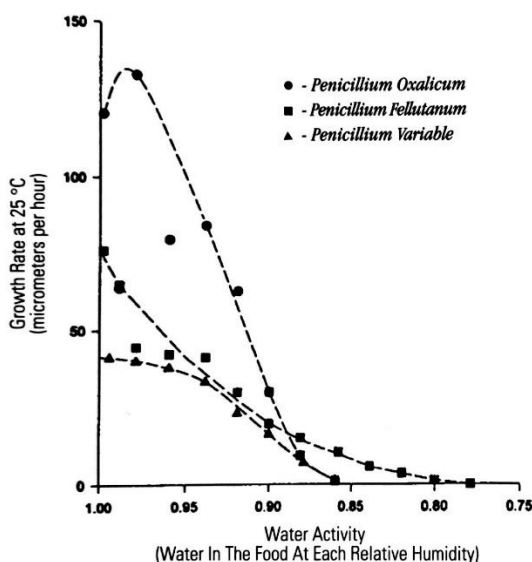


Figura 27: Índice de crecimiento de diferentes hongos en función de la actividad del agua. "Humidity control Design Guide". [8]

Uno de los puntos más conflictivos en los sistemas de climatización son los filtros. Por ello se fabrican con materiales inertes que sean pobres fuentes de alimentación potenciales para los hongos.

### 2.3.5 Ácaros de polvo e insectos.

Los ácaros y determinados insectos han sido catalogados como potenciadores de enfermedades respiratorias como el asma o la rinitis y sus síntomas. Generan desechos fecales que pueden ser utilizados por los hongos como fuente de alimento.

La gran mayoría de los hongos están relacionados con reacciones alérgicas que provocan la inflamación de las vías respiratorias, los pulmones y la nariz.

Se ha comprobado que estos síntomas se agravan en ambientes húmedos. Cómo ya se ha explicado en el punto anterior, los hongos necesitan humedad para reproducirse.

En el caso de los ácaros y los insectos ocurre algo parecido. Si la humedad del ambiente es relativamente baja, pierden la habilidad de reproducirse. En ambientes con humedad relativa por debajo del 50%, no pueden retener la humedad necesaria para la reproducción.

Además, si la humedad es muy baja, pueden llegar a secarse y morir. Controlar o reducir la entrada tanto del ácaro de polvo como de los insectos es muy complicado dado su pequeño tamaño. Los ácaros concretamente pueden encontrarse en la ropa de las personas o en algunos materiales.

La alternativa para limitar la presencia de estos en los edificios es mantener la humedad por debajo del 50%.

La filtración del aire no paraliza la reproducción de los ácaros o de sus excrementos, pero puede limitar su concentración.

#### 2.3.6 Bacterias y virus.

Las infecciones del aire se producen cuando el número de bacterias o virus es superior al que pueden soportar los mecanismos de defensa del cuerpo humano.

Las bacterias y virus infectan a los seres humanos a través de tres canales distintos. Algunos se transmiten por contacto con otra persona infectada, otros por entrar en contacto con fluidos corporales y otros por transmisión aérea o inhalación directa. Los diseñadores de instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado reducen el riesgo de infección por virus o bacterias que se transmiten por el aire de tres maneras distintas: filtrando el aire para eliminar las partículas infecciosas; aportando aire exterior (renovaciones) para reducir la concentración de estas partículas; y manteniendo la humedad relativa en valores medios, ya que reduce la esperanza de vida de las bacterias y virus que se desplazan a través del aire.

Es importante destacar que no todos los organismos mueren cuando se encuentra en ambientes secos, algunos, al contrario, se debilitan en ambientes con humedad muy elevada.

Cuando se quiere reducir al máximo la probabilidad de infección se debe mantener la humedad relativa del aire por encima del 30% durante los meses secos del año y por debajo del 60% los meses húmedos.

Sin embargo, cumplir esta recomendación no elimina por completo el riesgo de infección. Se debe examinar y vigilar el crecimiento de los virus y bacterias que pueden causar estas infecciones de manera continua.

### 3. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se va a explicar la tecnología existente en el ámbito del control de la humedad. Concretamente los diferentes tipos de equipos que se utilizan para aumentar la humedad del aire.

#### 3.1 Tecnología utilizada para humectar.

A la hora de empezar un proyecto ambicioso de tratamiento de aire se tienen que tener en cuenta las diferentes maneras de conseguir controlar la humedad. El mercado actual ofrece cuatro posibilidades muy diferenciadas.

A continuación, se van a explicar las alternativas posibles para controlar la humedad.

- Humidificadores con panel de contacto:

Estos humidificadores se caracterizan por tener un panel húmedo por el que circula el aire. La humedad es absorbida por contacto directo con la corriente de aire.

Es preciso destacar, que el principal uso de este tipo de humidificador se relaciona con enfriamiento adiabático. La corriente de aire no solo sufre un aporte de humedad, sino que también sufre un enfriamiento.

El agua utiliza calor proveniente del flujo de aire para cambiar de fase. Esto origina una disminución de la temperatura del aire.

Esta tecnología se utiliza generalmente para aumentar la eficiencia de los intercambiadores de calor.





Figura 28: Disposición de los humidificadores en una unidad de tratamiento de aire. FISAIR S.L.U.

Actualmente, los fabricantes de este tipo de humidificadores están ofertando paneles de diferentes materiales. Los más utilizados por su bajo precio son los de celulosa. Sin embargo, está creciendo significativamente el uso de paneles inorgánicos con eficiencias superiores y mejores condiciones higiénicas.

Los paneles inorgánicos suelen estar compuestos por fibra de vidrio mientras que los paneles orgánicos se confeccionan con celulosa.

La principal ventaja de los paneles inorgánicos es que poseen una eficiencia mayor con una pérdida de carga inferior. Además, no emiten olores y suelen ser ignífugos. Al contrario que los paneles orgánicos.

La resistencia al fuego es una de las principales razones por la que se están sustituyendo los equipos antiguos con paneles orgánicos. Este material reacciona al fuego de manera similar al cartón. No necesita una chispa o llama para que comience a arder. Es suficiente con el flujo de aire se encuentre por encima de los cuarenta grados centígrados.

Aunque el uso principal de este tipo de humidificador es el enfriamiento adiabático, también se están utilizando como humectadores directos combinándolos con controles por etapas para conseguir una precisión mayor y poder competir contra los sistemas de boquillas.

Dentro de los humidificadores adiabáticos se pueden distinguir dos tipos:

- Equipos de agua recirculada: El agua que se utiliza para humedecer el panel no se deshecha si no que se recircula. Se acumula en la balsa y se vuelve a utilizar para mojar el panel. Es necesario destacar que cuando el aire atraviesa el panel de contacto únicamente absorbe vapor de agua. Las sales y otros componentes se quedan tanto en el panel como en el agua que cae a la balsa. Para reducir la conductividad del agua, se utilizan purgas periódicas.

- Equipos de agua directa: Se conocen también como equipos de agua perdida ya que no se recircula agua. El consumo de agua de estos equipos es superior a los equipos de agua recirculado. Sin embargo, son más sencillos de controlar y requieren un mantenimiento menos exhaustivo.
- Sistema de boquillas:

Los sistemas de boquillas son la alternativa a los humidificadores de panel. Su principal ventaja es que permiten una mayor precisión a la hora de conseguir las condiciones deseadas. Es suficiente con abrir o cerrar las boquillas que sean necesarias para conseguirlas. Se pueden variar las condiciones de salida en un intervalo de tiempo reducido, ya que son más flexibles.

El principal inconveniente que presentan es la inseguridad acerca de los exhaustivos controles de calidad requeridos.

Este tipo de tecnología aporta agua en partículas ínfimas de manera directa a una corriente de aire. El problema principal surge cuando estas gotas son arrastradas al conducto.

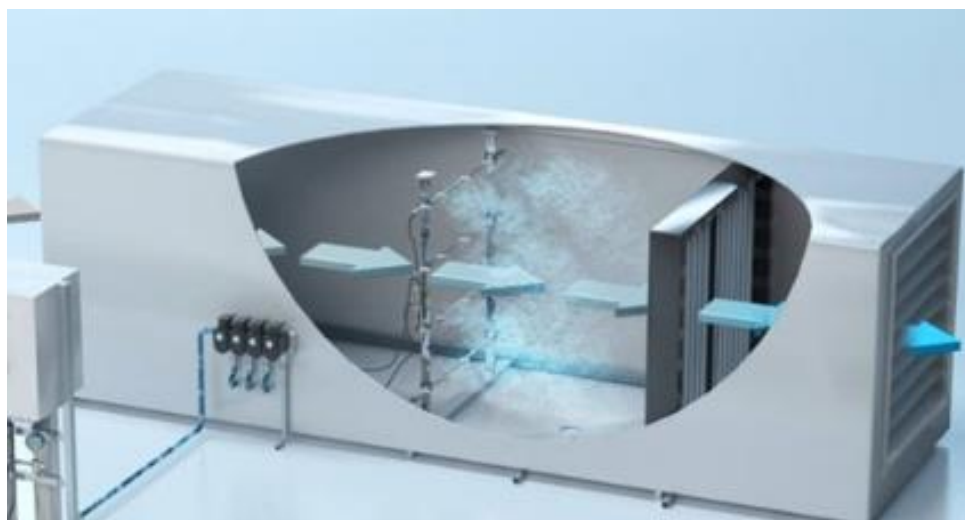


Figura 29: Instalación de un Sistema de boquillas en una unidad de tratamiento de aire. Condair S.L.

En el mercado actual podemos encontrar precios muy extremos. Algunos fabricantes están ofreciendo soluciones fabricadas totalmente en acero inoxidable, lo que supone un precio realmente alto. Sin embargo, este tipo de solución cumple todos los requisitos higiénicos necesarios en el mercado europeo. Cuando se utiliza un equipo de alta calidad, se suele combinar con unidades de tratamiento de agua, como pueden ser la deionización o la desmineralización. De esta manera se estaría reduciendo el riesgo de colmatación de las boquillas.

Por otro lado, algunos fabricantes tienen en catálogo equipos de menor calidad para competir en mercados en los que el precio es el factor determinante. Estos equipos están fabricados completamente en plástico y no cumplen con los

estándares de calidad de los mercados más exigentes. No suelen acompañarse de unidades de tratamiento de agua.

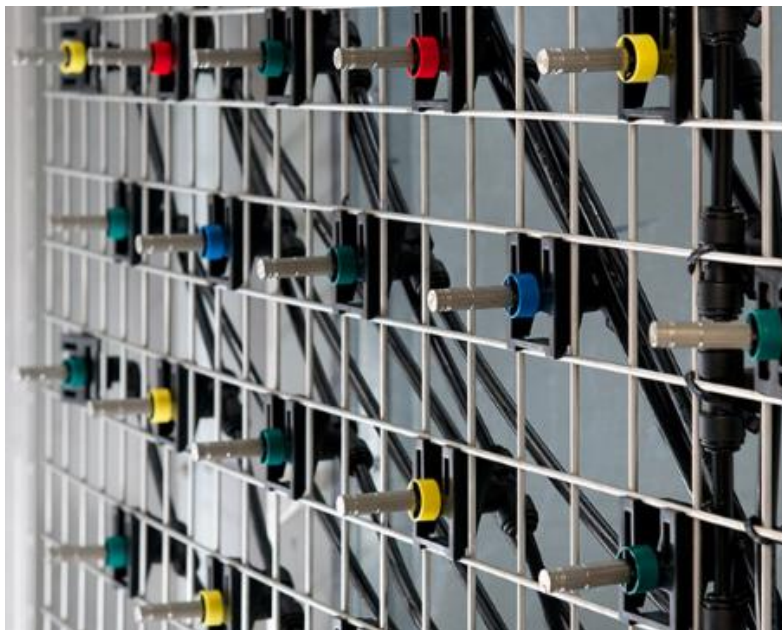


Figura 30: Sistema de boquillas de baja calidad. Condair S.L.

- Sistemas de inyección de vapor a presión:

Los sistemas de inyección de vapor funcionan con vapor vivo, por lo que solo pueden utilizarse cuando el edificio de destino posee un sistema de generación de vapor central, como puede ser una caldera.

Suelen utilizarse en aplicaciones en las que la seguridad higiénica es imprescindible. Todo el sistema está fabricado en acero inoxidable por lo que cumple con todos los estándares higiénicos del mercado europeo. Esta tecnología realiza la humectación del aire a través de un proceso cuasi isotérmico. Se produce un incremento de temperatura.

La principal diferencia que presentan con los humidificadores adiabáticos es que no enfrían el aire al mismo tiempo que lo humedecen.

A lo largo de este documento se va a desarrollar con detalle este tipo de humidificador.

- Sistemas de dispersión de vapor:

Por lo general, los sistemas de dispersión son similares a los descritos anteriormente en los sistemas de inyección de vapor a presión. La principal diferencia entre ambos dispositivos reside en la manera de obtener el fluido de trabajo, el vapor.

Esta alternativa surge como contraposición a los sistemas generadores de vapor centrales.

Existen muchas alternativas para generar el vapor, pero las principales son las siguientes:

- Generadores de electrodos: El vapor se genera a partir de unos electrodos que son sumergidos en agua. Se conduce una corriente eléctrica a través de los electrodos que permite que el agua se evapore.
- Generadores de resistencias: La tecnología es similar a la descrita en los generadores de electrodos. En este caso, la corriente eléctrica pasa a través de una resistencia. El precio es sensiblemente superior a los generadores de electrodos. La principal ventaja que presentan es que son capaces de trabajar con cualquier tipo de agua, mientras que los generadores de electrodos tienen un rango de calidad del agua delimitado.
- Generadores de gas: El vapor se genera quemando gas. Presentan una capacidad mayor que los generadores de electrodos o resistencias.
- Intercambiadores de calor: Son intercambiadores de calor tradicionales. Las principales familias que se utilizan en la actualidad son los intercambiadores agua-vapor y los intercambiadores vapor-vapor.

### 3.2 Alternativas dentro de la inyección de vapor.

En la actualidad, existen multitud de empresas que ofrecen entre sus productos sistemas de inyección de vapor presurizados. Se van a destacar algunos de ellos:

- Armstrong: Fueron los precursores de esta tecnología. Su sistema fue el primero que utilizó el vapor como medio de adición de humedad a un flujo de aire para conseguir condiciones de confort. En la *figura 31* se muestra un esquema del sistema de inyección de vapor de Armstrong. ARMSTRONG es una empresa americana.

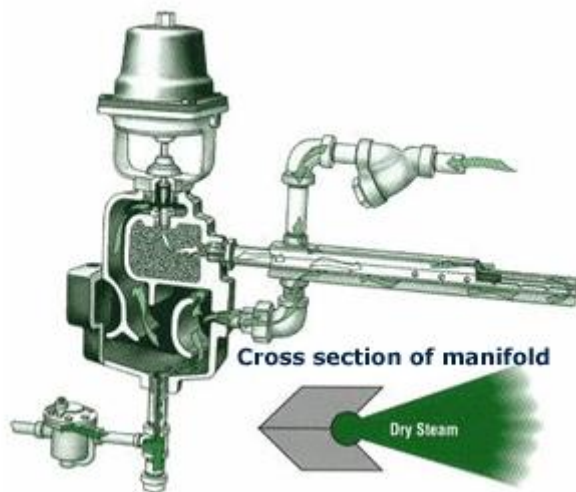


Figura 31: Sistema de inyección de vapor de Armstrong.

- Dristeem: Sistema muy parecido al de Armstrong. Mantiene la lanza encamisada para re-evaporar el condensado que se pueda formar en las boquillas de dispersión. DRISTEEM es una empresa americana.



Figura 32: Sistema de inyección de vapor de Dristeem

- Fisair: Nuevamente se pueden observar las similitudes entre estos equipos y los originales de Armstrong. Destacar que también se deciden por lanzas encamisadas. FISAIR es una empresa española.



Figura 33: Sistema de inyección de vapor de FISAIR

- Condair: La empresa suiza presenta una alternativa más económica que el resto de los competidores. Cómo se puede observar en la imagen siguiente, no ofrecen un mecanismo de seguridad ante la posible formación de condensado en las lanzas. No presentan lanzas encamisadas ni aisladas de ninguna manera. Realmente puede suponer un verdadero hándicap a la hora de entrar en mercados con controles higiénicos muy rigurosos. Sin embargo, presenta la ventaja del precio reducido, que puede ser un factor diferencial en determinados mercados.



Figura 34: Sistema de inyección de vapor de Condair.

- Spirax Sarco: La alternativa de Spirax Sarco es similar a la de Condair. No incluyen las lanzas encamisadas. Además, tiene una ventaja frente al resto de competidores ya que fabrican sus propias válvulas de vapor. SPIRAX-SARCO es una empresa alemana.

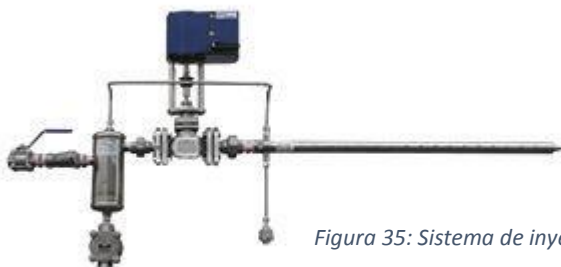


Figura 35: Sistema de inyección de vapor de Spirax Sarco.

### 3.3 Riesgos higiénicos y problemas ambientales.

Los sistemas de inyección de vapor no suponen un riesgo para el medio ambiente en sí mismo. No emite ningún gas contaminante. Funciona íntegramente con vapor vivo. El vapor se origina generalmente en una caldera que, si necesita un aporte de energía para producir dicho fluido de trabajo, pero no se considera un problema ambiental del propio dispositivo.

Normalmente cuando se utiliza este tipo de humidificador es porque la instalación ya cuenta con una red de vapor o, en el caso de un edificio de nueva obra, porque se ha contemplado su instalación en el proyecto. Nunca se instala una caldera para suministrar vapor al humidificador.



Otro punto se debe destacar de los sistemas de inyección de vapor es su bajo consumo eléctrico. Sólo el actuador de la válvula consume energía eléctrica. A no ser que se incluya algún tipo de sensor de control como, por ejemplo, un higrostató de máxima o un sensor de flujo.

Cuando no se dispone de vapor de caldera, se utilizan generadores de vapor, que si tienen un consumo eléctrico más considerable.

En aplicaciones que requieren vapor limpio, si la caldera no es de acero inoxidable, situación muy común en la mayoría de las instalaciones españolas, dado su alto precio, se utilizan intercambiadores de calor para generar el vapor limpio.

En cuanto a los riesgos higiénicos, el vapor es uno de los elementos más seguros de los que se pueden emplear. El principal motivo de preocupación de los fabricantes es originado por los condensados que se producen cuando el vapor entra en contacto con superficies a menor temperatura. En el caso concreto del sistema de inyección que se está estudiando, posee dos colectores para recoger el condensado que se forma. Además, incluye varios purgadores y un separador de vapor para evitar que los condensados puedan acabar en el aire de proceso.

El sistema está fabricado en su totalidad en acero inoxidable 304-L, cumple todas las especificaciones higiénicas de la UE.

El principal riesgo higiénico al que se exponen estos tipos de humidificadores es a la aparición de la Legionela.

La Legionella es una bacteria que se transmite por el agua y que puede causar la enfermedad conocida como la Legionelosis. Sus síntomas principales son tos, fiebre y dificultad respiratoria. Estos síntomas son muy parecidos a los de la Neumonía.

Forma parte de la flora bacteriana de ríos, lagos y estanques. Puede colonizar los sistemas de abastecimiento de las ciudades, y a través de la red de distribución de agua, incorporarse a los sistemas de agua sanitaria.

Esta bacteria se caracteriza porque es realmente resistente. Puede sobrevivir en un amplio rango de condiciones ambientales.

En la *figura 36* se muestran las condiciones que favorecen la proliferación de la Legionella:

<b>Temperatura</b>	Con un rango entre 25 y 45 °C. Mayor entre 35 y 37 °C.
<b>Estancamiento agua</b>	Existencia de zonas muertas, baja velocidad de circulación.
<b>Calidad del agua</b>	Presencia de nutrientes, depósito de sólidos en suspensión, conductividad, turbidez, etc.
<b>Tipo superficie en contacto agua</b>	Tipo material (celulosa, madera, etc.), rugosidad, depósitos cálcicos, corrosión.
<b>Depósitos biológicos (biocapa)</b>	Protozoos, algas, bacterias.

*Figura 36: Condiciones y lugares que favorecen la proliferación de la Legionella.*

La Legionella experimenta diferentes fases en función de la temperatura del agua en la que se encuentre.

- Se encuentra en estado latente a temperaturas inferiores a los veinte grados centígrados.
- Entre los veinte y los cuarenta y cinco grados, se multiplica activamente.
- A partir de cincuenta grados deja de multiplicarse.
- Por encima de los setenta grados muere.

A priori, los sistemas de inyección de vapor no están tipificados como instalaciones con alta probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella, ya que el vapor supera holgadamente los setenta grados centígrados, a partir de los cuales la Legionella muere.

Sin embargo, el riesgo de estos equipos reside en los condensados que se originan. Deben ser recirculados convenientemente. Además, se debe evitar que entren en el climatizador ya sea a través de las boquillas de dispersión o a través de fugas en las lanzas.

El riesgo a la proliferación reside en que puede dispersarse en el aire en forma de aerosoles y acabar en el agua originado de los condensados.

Para minimizar estos riesgos, se realizan revisiones periódicas. Además, los fabricantes proporcionan extensos y exhaustivos manuales de instalación y mantenimiento cómo se muestra en el Anexo 6.

### 3.4 Conceptos clave en la inyección de vapor.

El vapor se emplea para proporcionar fuerza motriz y energía calorífica. Es el fluido más eficiente de transferencia de calor en la industria. Durante el proceso de condensación del vapor, se libera una gran cantidad de energía sin cambio de temperatura. Hablamos de una sustancia muy controlable, estéril y de fácil distribución.

A continuación, se van a desarrollar una serie de conceptos que tienen una importancia capital para asegurar un correcto funcionamiento de este tipo de sistemas humectadores.

#### 3.4.1 La distancia de absorción.

La distancia de absorción es un concepto fundamental para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas de inyección de vapor. Es un dato determinante a la hora de elegir el equipo. La distancia de absorción como tal es la distancia libre, aguas abajo del humidificador, que evita la aparición de condensaciones. El vapor que sale de la lanza no es absorbido por el flujo de aire de manera inmediata, este proceso se produce después de un determinado tiempo.

Otro aspecto a tener en cuenta cuando se habla de la distancia de absorción es el concepto de vapor visible o no visible. Que no se aprecie el vapor no significa que el riesgo de



condensación haya disminuido. Siempre la distancia de absorción va a ser ligeramente superior a esta distancia de vapor visible.

Se considera absolutamente imprescindible que los datos de distancia de absorción sean precisos. Ya que un error puede provocar condensaciones dentro del climatizador, lo que multiplica el riesgo de Legionella.

La distancia de absorción varía según los siguientes conceptos:

- Número de lanzas del sistema: Los sistemas de inyección que están formados únicamente por una lanza de dispersión poseen distancias de absorción más largas que los sistemas de inyección formados por varias lanzas. Esto se debe a la distribución del vapor. Cuanto más homogénea sea la distribución del vapor en la sección de paso menor será la distancia libre que necesita la corriente de aire para asimilar el vapor.
- Velocidad de paso: Es otro de los aspectos que definen la distancia de absorción. Cuando la velocidad del aire es muy pequeña se produce un arrastre del vapor lo que origina que las distancias de absorción sean mayores que cuando la velocidad de paso es mayor.
- Condiciones ambientales del aire: Influyen de manera directa sobre la distancia de absorción de los sistemas de inyección de vapor. La distancia de absorción varía tanto con la temperatura como con el incremento de humedad.

Cada fabricante tiene sus propios datos de distancias de absorción en función de las características de sus equipos.

No existe una regla definida para obtener la distancia de absorción en función de unas condiciones ambientales o la velocidad del aire, ya que, como se ha explicado anteriormente, el número de lanzas influye de manera muy significativa y cada fabricante estandariza un número de lanzas en función de las dimensiones disponibles.

Tradicionalmente, se recogían datos experimentalmente y se graficaban. Se muestra un ejemplo en la *figura 37*:

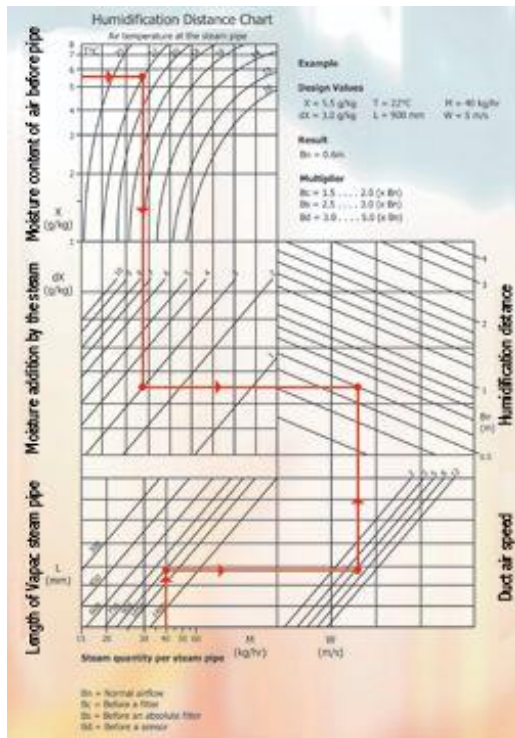


Figura 37: Gráfica de distancia de absorción en la inyección de vapor.

Algunos fabricantes han transformado los datos recogidos en las tablas en ecuaciones particularizadas para sus equipos. En la *figura 38* y la *figura 39* se muestran los ejemplos de Dristeam y Fisair con sus programas de selección de equipos.

- Dristeam:

**Dispersion Selection**

Type of Dispersion: **AHU**

Mounting Location: **Bypass**

AHU Inside Dimensions (inches):  
 Width: **117** Height: **102**

Dispersion Active Area (inches):  
 Width: **115** Height: **92**

Duct Temperature (°F): **55**

Absorp. Distance (inches): **22**

**Calculate**

**Airflow**: **Horizontal**

**Header**: **Inside AHU**

**Water Seal**: **Inside AHU**

☐ Insulate Piping

☐ Calculate Piping Steam Loss

Pipe/Race Length (feet): **0**

**Product Diagram**

**Load (lbs/hr)**: **278.75**

**Humidifier (lbs/hr)**: **285.0**

**Air Volume (CFM)**: **40000**

**Humidified Air Volume**: **35462**

**Air Velocity (ft/min)**: **482.66**

**Entering Duct RH (%)**: **67**

**Leaving Duct RH (%)**: **85**

**Actual RH (%)**: **50**

Dispersion Method	Quantity	Absorption (inches)	Tube Centers	Tubes	Load
RAPID-SORB 1.5"	1	20	12	9	278.75
RAPID-SORB 2"	1	20	12	7	278.75
ULTRA-SORB LV	1	6	3	-	278.75
ULTRA-SORB LV	1	9	6	-	278.75
ULTRA-SORB LV	1	14	9	-	278.75
ULTRA-SORB LV	1	18	12	-	278.75

**Cancel** **Save As Default** **Next**

Figura 38: Software de selección de Dristeam.

- Fisair:

DIPHUSAIR-Humidifiers selection tool

**Humidifier requirements**
Diphusair Type: Boiler Steam Injection  
Steam pressure: 2,1 bar.g  
Diphusair model: FSH  
Steam type: Clean  
Available Width/Height: 1900 mm / 1000 mm  
Max. Absorption Distance: 2000 mm  
☒ Compensate for Dispersion Steam Losses  
Valve connection: Threaded  
Valve signal: 0-10 Vdc  
Valve voltage:

**Inlet conditions**
Altitude: 0 m  
Airflow: 10260 m<sup>3</sup>/h  
Dry bulb temperature: 21 °C  
Inlet relative humidity: 9,79 %

**Load calculation mode**
☐ Load value kg/h  
☒ Output Relative Humidity 50 %  
☐ Output Absolute Humidity g/kg

Select one item from list to continue...

Product code	Da (mm) ^	Load (kg/h)	Load+ Losses (kg/h)	T-out (°C)	ValveKit	v (m/s)
FSH-H-15T-40/1900-6x150/1000-1800	368	76,5	84,2	23,6	FV-310H-T/A1	1,5
FSH-H-15T-40/1900-3x300/1000-1800	710	76,5	81,2	22,9	FV-310H-T/A1	1,5
FSH-H-15T-40/1900-2x450/1000-1800	1052	76,5	80,6	22,9	FV-310H-T/A1	1,5
FSH-H-15T-40/1900-2x600/1000-1800	1393	76,5	80	22,8	FV-310H-T/A1	1,5

Figura 39: Software de selección de FISAIR.

Además, algunos componentes y situaciones que se dan en las unidades de tratamiento de aire también influyen en la distancia de absorción y deben ser tenidos en consideración.

A continuación, se van a definir una serie de situaciones que se deben evitar, según el componente:

- **Filtros:** Se debe considerar un metro extra de distancia de absorción, ya que los filtros son zonas propensas y críticas donde para que se origine condensación.
- **Ventiladores:** Si el Sistema de inyección se encuentra inmediatamente después al ventilador, la distancia de absorción será más larga. Esto se debe a que el aire tras pasar por el ventilador suele presentar turbulencias que dificultan la asimilación del vapor.
- **Cambios de dirección y sección:** La distancia de absorción debe incluir tanto los cambios de sección como los cambios de dirección ya que pueden originarse condensados cuando el vapor contacte con las paredes del climatizador o del conjunto.
- **Sensor de control de temperatura:** Se recomienda dejar una distancia superior a tres metros después del sistema de inyección de vapor antes de situar el sensor de temperatura. De esta manera se evitará que el sensor de temperatura devuelva datos erróneos por la alta temperatura del ventilador.

En la *figura 40* se muestra la distancia de absorción, el vapor visible y la posición idónea para situar un sensor de temperatura.

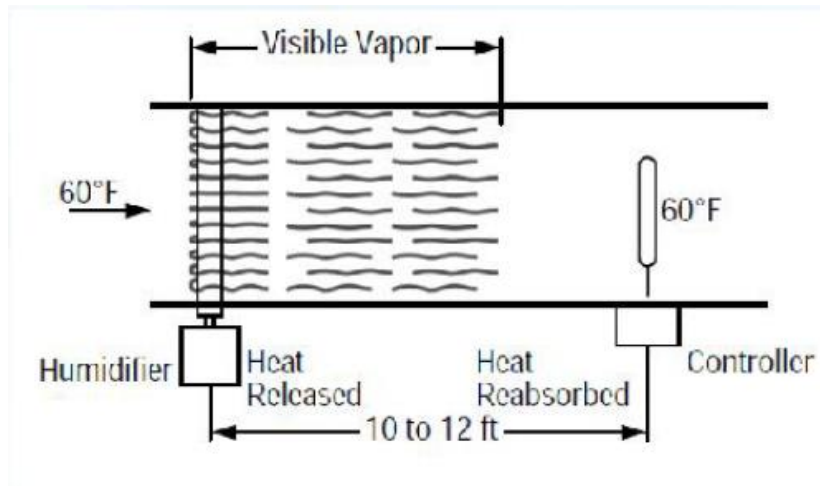


Figura 40: Dibujo esquemático sobre la distancia de absorción.

### 3.4.2 Carga de vapor.

La carga de vapor es un concepto clave en la inyección de vapor. Permite relacionar las condiciones de entrada con las condiciones deseadas a la salida del equipo.

Además, gracias a la carga de vapor se puede dimensionar el generador de vapor o en su defecto la caldera central.

La carga se calcula con la siguiente expresión:

$$Carga \left[ \frac{kg}{h} \right] = \frac{Flujo \ de \ aire \left[ \frac{m^3}{h} \right] \times (w_s - w_e) \times \rho_{aire}}{1000}$$

De esta forma se relaciona el aporte de humedad necesario con el flujo de aire sobre el que se va a trabajar.

Es necesario destacar que la densidad del aire es muy variable, por lo que debe particularizar de acuerdo a las condiciones en las que se encuentre en cada momento. Siempre que se trabaja con vapor a través de conducciones, es necesario definir el concepto de las pérdidas de carga.

El vapor va perdiendo progresivamente carga según va circulando por las conducciones y pasando por diferentes elementos, como la válvula, el separador de vapor o los purgadores.

Generalmente, para calcular la pérdida de carga se necesitan los coeficientes de pérdida que tienen cada uno de los diferentes elementos. Estos datos se obtienen de la información técnica de los proveedores.

Se pueden observar algunos ejemplos en la *figura 41*.

Table 7 · Nominal C<sub>v</sub> versus relative travel · 3240 Series · Equal percentage characteristic

Relative travel				[%]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Rated C <sub>v</sub>	Valve size [inches]	Seat diameter [inches]	Travel [inches]	Range- ability	Nominal C <sub>v</sub> value										
0.12	½" to 1"	0.12	0.6	50:1	0.004	0.005	0.008	0.011	0.017	0.025	0.037	0.055	0.081	0.120	
0.2					0.006	0.009	0.013	0.019	0.028	0.042	0.062	0.091	0.135	0.200	
0.3					0.009	0.013	0.019	0.029	0.042	0.063	0.093	0.137	0.203	0.300	
0.5	½" to 2"	0.24			0.015	0.022	0.032	0.048	0.071	0.105	0.155	0.229	0.338	0.500	
0.75					0.022	0.033	0.049	0.072	0.106	0.157	0.232	0.343	0.507	0.750	
1.2					0.035	0.052	0.078	0.115	0.170	0.251	0.371	0.549	0.811	1.20	
2					0.059	0.087	0.129	0.191	0.283	0.418	0.618	0.915	1.35	2.00	
3					0.089	0.131	0.194	0.287	0.424	0.627	0.928	1.37	2.03	3.00	
5	¾" to 2"	0.47			0.148	0.219	0.323	0.478	0.707	1.05	1.55	2.29	3.38	5.00	
7.5					0.222	0.328	0.485	0.717	1.06	1.57	2.32	3.43	5.07	7.50	
12					0.355	0.525	0.776	1.15	1.70	2.51	3.71	5.49	8.11	12.0	
20	1½" to 3"	1.22			0.592	0.875	1.29	1.91	2.83	4.18	6.18	9.15	13.5	20.0	
30					0.887	1.31	1.94	2.87	4.24	6.27	9.28	13.7	20.3	30.0	
40					1.18	1.75	2.59	3.83	5.66	8.37	12.4	18.3	27.0	40.0	
70	2½" to 3"	2.48			3.28	4.61	6.47	9.10	12.8	18.0	25.2	35.5	49.8	70.0	
75	4" to 6"	2.48			1.2	3.51	4.94	6.94	9.75	13.7	19.2	27.0	38.0	53.4	75.0
95	3"	3.15			0.6	4.45	6.25	8.78	12.3	17.3	24.4	34.2	48.1	67.6	95.0
120	4" to 6"	3.15			1.2	5.62	7.90	11.1	15.6	21.9	30.8	43.3	60.8	85.4	120
190		3.94				8.90	12.5	17.6	24.7	34.7	48.7	68.5	96.2	135	190
290	8" to 10"	4.92			2.4	13.6	19.1	26.8	37.7	52.9	74.4	105	147	206	290
305	6"	5.12			1.2	14.3	20.1	28.2	39.6	55.7	78.2	110	154	217	305
420	8" to 10"	5.91			2.4	19.7	27.6	38.8	54.6	76.7	108	151	213	299	420
735		7.87				34.4	48.4	68.0	95.5	134	189	265	372	523	735

Figura 41: Tabla de coeficientes de pérdida de carga en válvulas.

Además de la pérdida de carga provocada por los diferentes elementos de la red de vapor. Se debe considerar el concepto de los condensados que se originan.

### 3.4.3 Condensados.

Los condensados se forman cuando el vapor pierde temperatura o entra en contacto con una superficie a menor temperatura. Es un dato muy importante a la hora de dimensionar los sistemas de inyección de vapor, ya que si no se tienen en cuenta la carga de vapor puede ser insuficiente para alcanzar las condiciones deseadas.

Al igual que ocurre con la distancia de absorción, cada equipo presenta una serie de particularidades lo que ocasiona que cada fabricante maneje sus propios datos. Normalmente se trabaja con gráficas que definen el porcentaje de la carga que se condensará.

Normalmente los datos se obtienen de manera experimental y se parametrizan en forma de ecuaciones para incorporarlos a los programas de selección.

#### 3.4.4 Incremento de temperatura.

Otro caso similar al de la distancia de absorción y al porcentaje de condensados. Cada fabricante posee sus propios datos de acuerdo a la configuración de su equipo.

Algunos fabricantes definen un incremento de temperatura fijo para cada producto sin considerar las condiciones ambientales o la carga de vapor. Esta medida no es muy recomendable, ya que el incremento de temperatura puede llegar a ser de hasta dos grados.

Una vez definidos los conceptos más importantes a tener en cuenta a la hora de utilizar un humidificador de vapor, se van a realizar todos los cálculos necesarios para dimensionar tanto el sistema de inyección de vapor como el climatizador donde se instalará.

## 4. CÁLCULOS CLIMATIZACIÓN Y CONTROL DE HUMEDAD.

Antes de comenzar a desarrollar el proyecto se debe definir tanto su localización como el ámbito legal del tipo de instalación en cuestión. En este caso, se va a dimensionar un climatizador de un quirófano del hospital de Manises (Valencia).

A continuación, se destaca la normativa que se va a seguir para realizar el documento.

### 4.1 Normativa de aplicación.

Las normas o reglamentos que se deben aplicar durante el proyecto de ejecución de un hospital son fundamentalmente las siguientes:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).
- Normas UNE en general.
- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Reglamentos y normas de obligado cumplimiento del Ayuntamiento en cuestión y de la comunidad autónoma.
- Real Decreto 865/2003 de prevención para la Legionela.
- Norma UNE 100713 sobre instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.

Además, la normativa específica contenida en los anteriores reglamentos y normas para edificios de pública reunión como el que es objeto de este proyecto.

Una vez recogida la normativa sobre la que se realizarán todos los cálculos de este documento se van a definir las condiciones de diseño de la instalación.



#### 4.2 Condiciones de diseño.

- Condiciones Exteriores:

Las condiciones exteriores de cálculo serán las dadas por la norma UNE 100001:2001 sobre condiciones climáticas para proyectos para la localidad de Valencia dada la proximidad geográfica y la similitud con el lugar de ubicación del Hospital. Los datos facilitados se han seleccionado al 1 % en verano y al 99% en invierno, tal y como se recomienda en la UNE 100014 para uso hospitalario.

Las condiciones por tanto de cálculo serán las siguientes:

- Verano: 32.4°C (TBS) –22.4°C (TBH)
- Invierno: 0.3°C (TBS) y 90% H.R.
- Latitud: 39° 29' Norte
- Longitud: 0° 28' W
- Altura: 50 m
- Viento Dominante: 6.3 m/s W

- Condiciones Interiores:

Las exigencias climáticas para confort en las distintas zonas del hospital se han seleccionado de acuerdo con la norma UNE 100713:2003 y lo marcado en su punto 7. Si bien no todas las estancias del Hospital vienen referenciadas en ella, se han adoptado por analogía aquellas no directamente incluidas.

<b>Zona Tratada</b>	<b>Verano Cond. cálculo</b>	<b>H.R. Controlada</b>	<b>Invierno Cond. cálculo</b>	<b>H.R. Controlada</b>
Enfermería	24°C y 50% HR.	SI	23°C y 45% HR.	SI
Vestíbulos	25°C y 50% HR.	--	20°C	--
Quirófanos	23°C y 45% HR.	SI	25°C y 55% HR.	SI
Bloque Quirúrgico	24°C y 50% HR.	SI	22°C y 45% HR.	SI
Esterilización	24°C y 55% HR.	--	22°C y 45% HR.	SI
Laboratorios	24°C y 50% HR.	--	22°C y 45% HR.	SI
Consultas externas	24°C y 50% HR.	--	22°C y 45% HR.	--
UCI	24°C y 50% HR.	SI	24°C y 45% HR.	SI
Radiología	24°C y 50% HR.	--	22°C y 45% HR.	SI



<b>Zona Tratada</b>	<b>Verano Cond. cálculo</b>	<b>H.R. Controlada</b>	<b>Invierno Cond. cálculo</b>	<b>H.R. Controlada</b>
Cocina Preparación	20°C	--	20°C	--
Cafetería	25°C y 50% HR.	--	21°C	--
Farmacia	24°C y 50% HR.	SI	22°C y 45% HR.	SI
Administración	24°C y 50% HR.	--	22°C y 40% HR.	SI
Ejes circulación	25°C y 50% HR.	--	20°C	--
Urgencias	24°C y 50% HR.	SI	22°C y 45% HR.	SI

La temperatura ambiente siempre está controlada (control automático) por zonas. En el caso de la humedad relativa ambiente no siempre está controlada automáticamente, cuando está bajo control se indica en la casilla correspondiente (H.R. Controlada).

Los márgenes de precisión que tendrá la instalación serán los siguientes:

- Temperatura ambiente en general:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- Temperatura ambiente en Aislados, UCI, Prematuros y Quirófanos:  $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Humedad relativa ambiente en general:  $\pm 10\%$
- Humedad relativa ambiente en Aislados, UCI, Prematuros y Quirófanos:  $\pm 5\%$

Para completar las condiciones anteriores se incluyen las condiciones generales que cumplirá la instalación siguiendo las directrices de la norma UNE 100 713 de acondicionamiento de aire en hospitales.

1	2	3	4	5	6	7	8
	Área de hospital Grupo de locales Tipo de local	Clase de local	Caudal mínimo de aire exterior $m^3/(h.m^2)$	Condiciones ambientales Temperatura min.      Temperatura máx. °C                      °C		HR %	Presión sonora máxima dB(A)
1	Área de exploración y tratamiento						
1.1	Quirófanos						
1.1.1	Quirófanos tipo A y B, incluso accidentes y partos	I	(aportado 6.6)	22	26	45-55	40
1.1.2	Pasillos, almacén, material estéril, entrada y salida	I	15	22	26	45-55	40
1.1.3	Sala despertar	I	30	22	26	45-55	35
1.1.4	Otros locales	I	15	22	26	45-55	40
1.2	Partos						
1.2.1	Partitorios	I	15	24	26	45-55	40
1.2.2	Pasillos	II	10	24	26		40
1.3	Endoscopia						
1.3.1	Salas de exploración (artroscopia, toroscopia, etc.)	I	30	24	26		40
1.3.2	Salas de exploración (aséptico y séptico)	II	30	24	26		40
1.3.3	Pasillos	II	10	24	26		40
1.4	Fisioterapia						
1.4.2	Bañeras, baños de rehabilitación, piscinas	II	100%				40
1.4.3	Pasillos	II	10				45
1.5	Otras áreas						
1.5.1	Salas para pequeñas exploraciones	II	15	22	26		40
1.5.2	Sala despertar fuera del área del quirófano	II	30	22	26	45-55	35
1.5.3	Pasillos	II	15	24	26		40
1.5.4	Rayos X	II	15	24	26		40
1.5.5	Salas de exploración	II	15	24	26		40
2	Área de cuidados intensivos						
2.1	Medicina intensiva						
2.1.1	Habitaciones con camas, incluso eventual antesala	II	30	24	26	45-55	35
2.1.1.1	Habitaciones para pacientes con riesgo de contraer infecciones.	I	30	24	26	45-55	35
2.1.1.2	Para el resto de pacientes	II	15	24	26	45-55	35
2.1.2	Sala de Urgencias	II	30	24	26	45-55	40
2.1.3	Pasillos	II	15	24	26		40
2.2	Cuidados especiales						
2.2.1	Habitaciones con camas	I	30	24	26	45-55	35
2.2.2	Sala de urgencias	I	30	24	26	45-55	40
2.2.3	Pasillos	II	15	24	26	45-55	40
2.3	Cuidados de enfermos infecciosos						
2.3.1	Habitaciones con cama, incluso eventual antesala	I/II	10	24	26	45-55	35
2.3.2	Otros locales y pasillos	II	10	24	26		40
2.4	Cuidados prematuros						
2.4.2	Habitaciones con camas	II	15	24	26	45-55	35
2.4.2	Pasillos	II	10	24	26		40
2.5	Cuidados recién nacidos						
2.5.1	Habitaciones con camas	II	10	24	26	45-55	35
2.5.2	Pasillos	II	10	24	26		40
2.6	Otras áreas	II	10	24	26		40
3	Zonas de suministro y eliminación						
3.1	Farmacia						
3.1.1	Locales estériles	I	10	24	26		40
3.1.2	Pasillos	II	10	24	26		40
3.2	Esterilización						
	Parte sucia, parte limpia	II		24	26		40
	Lado limpio después de esterilización, almacén de material estéril	I		24	26		40
3.3	Otras áreas (cocina, lavandería, laboratorios, vestuarios, etc.)						40

De acuerdo con la información mostrada anteriormente, las condiciones interiores del quirófano en verano deben ser 23°C con 45% de humedad relativa y en invierno 25°C con 55% de humedad relativa. Además, los márgenes de precisión serán de un  $\pm 5\%$  en la humedad relativa y  $\pm 1^\circ\text{C}$  en la temperatura.

A continuación, se van a definir los caudales de ventilación.

#### 4.3 Caudales de ventilación.

El nivel de ventilación en general se ha tomado aplicando el Reglamento de Instalaciones ITE 02.2.2 y la norma UNE 100-011-91 y la norma UNE 100713.

Si bien estas normas establecen mínimos la propia norma UNE 100713 en su punto 7 plantea la posibilidad de incrementar estos en zonas que lo puedan requerir. Por ello en el diseño se ha considerado conveniente, por un lado aumentar en zonas críticas del hospital y por otro evitar la recirculación de aire para mejorar la ventilación y evitar riesgos de contaminación (cruzada o directa) allí donde existiese riesgo.

Los conceptos anteriores para las áreas más significativas del Hospital, son los siguientes:

Zona Tratada	Aire exterior		Mínimos cambios por hora
	m3/h Persona	% Mínimo de aire impulsado	
Enfermería	54	100 m3/h Habitación	
Vestíbulos	35	20%	5
Quirófanos		100%	20
Bloque Quirúrgico		100%	10
Esterilización		100%	10
Laboratorios		100%	8
Consultas externas	40	20%	
UCI		100%	10
Radiología	40	100%	8
Cocina Campanas		100%	20
Cocina Resto		100%	12
Cafetería	54	20%	8
Farmacia		100%	8
Ejes circulación	35	20%	5
Administración	35		
Urgencias		100%	10
Hospital de día		100%	8
Exploraciones especiales		100%	8
Vestuarios		100%	6

Los anteriores cambios mínimos por hora se mantendrán siempre que el caudal de aire por este concepto sea superior al necesario para batir la carga térmica, de lo contrario se tomará este último como caudal escogido.

Cuando en la tabla anterior se muestren dos criterios para cálculo del aire exterior, caudal por persona o porcentaje mínimo de aire exterior sobre aire impulsado, se elegirá la más desfavorable.

#### 4.4 Instalación de climatización.

En los hospitales o clínicas no todas las habitaciones o zonas deben estar a las mismas condiciones ambientales. Por ejemplo, una habitación estándar de descanso necesitaría unas condiciones de confort adecuadas para facilitar el mismo, similares a las de un hotel, o una vivienda. Sin embargo, existen habitaciones que deben tener condiciones especiales.

Uno de los ejemplos más significativos es la unidad de quemados. En esta habitación, se requiere un nivel de humedad en el ambiente considerablemente inferior a las condiciones de confort. El exceso de humedad en el ambiente sería contraproducente para la curación del tejido dañado, que necesita cicatrizar y secar.

Otra de las habitaciones que deben tener unas condiciones muy precisas son los quirófanos. Deben presentar unas condiciones muy concretas para que los especialistas que trabajan durante largos periodos de tiempo puedan desempeñar sus tareas en las mejores condiciones posibles.

Se pueden distinguir dos tipos de aplicaciones en las que se utilizan los humidificadores de vapor. Por un lado, la humectación en conducto y por otro lado la humectación en una de las secciones de la unidad de tratamiento de aire.

En ambas aplicaciones el humidificador tiene la misma función, aumentar la humedad del flujo de aire. Sin embargo, cada una presenta características propias.

En la inyección de vapor en conducto, la velocidad del aire suele ser elevada y la distancia de absorción disponible muy alta. Se suele utilizar en aplicaciones industriales o en aplicaciones relacionadas con la alimentación (condiciones de los almacenes o cámaras de frío).

Los humidificadores de vapor se utilizan en las unidades de tratamiento de aire en el proceso de renovación. La velocidad de paso del aire suele ser inferior a la de conducto y la distancia de absorción disponible también es menor.

Las unidades de tratamiento de aire se utilizan en una gran cantidad de edificios. Incluyendo oficinas, plantas de proceso, centros comerciales, cabinas de pintura o clínicas.

Cómo ya se ha explicado con anterioridad, los sistemas de inyección de vapor presurizado se clasifican según dos criterios. La presión de la línea de vapor, para definir si es

necesario utilizar una válvula roscada ( $P < 2,4 \text{ bar.g}$ ) o una válvula embridada ( $P \geq 2,4 \text{ bar.g}$ ), y la necesidad o no de que todos los elementos hayan sido fabricados en acero inoxidable.

Cómo se va a dimensionar una unidad de tratamiento de aire del hospital de Manises, todos los elementos de la red de vapor tienen que ser de INOX, ya que el vapor limpio es muy agresivo con el resto de los materiales.

En aplicaciones industriales se puede trabajar con vapor con aditivos como hidracinas, pero en proyectos higiénicos no.

Los componentes de acero inoxidable son más caros que los componentes estándar de otros materiales, pero son indispensables en este tipo de aplicaciones tan importantes y críticas.

Antes de dimensionar la unidad de tratamiento de aire se va a explicar brevemente su funcionamiento y las diferentes secciones que la componen.

Las unidades de tratamiento de aire (UTA) son equipos diseñados para alcanzar y mantener las condiciones de confort en toda clase de edificios, ya sean lugares de ocio, oficinas o instalaciones deportivas.

En la *figura 44* se muestra un esquema con las principales secciones que componen una unidad de tratamiento de aire:



*Figura 42: Unidad de tratamiento de aire con diferentes secciones.*

Se pueden diferenciar dos tipos de UTA, las unidades compactas y las unidades modulares.

Las unidades compactas están formadas por un solo módulo el que se incluyen las distintas etapas de tratamiento de aire.



Figura 43: Unidad de tratamiento de aire compacta.

Por otro lado, las unidades modulares contienen un módulo o sección para cada uno de los tratamientos necesarios. El tamaño suele ser superior al de las unidades compactas, por lo que se suelen instalar en las cubiertas de los edificios.



Figura 44: Unidad de tratamiento de aire modular.

Las secciones más frecuentes son las siguientes:

1. Sección de conexión: Gestiona la salida y entrada del aire del climatizador. Suelen estar gestionadas por compuertas de regulación. También se incluyen embocaduras para acoplar conductos.
2. Sección de expansión: Son espacios vacíos entre secciones que permiten homogeneizar el aire y reducir su velocidad.
3. Sección de mezcla: Módulo normalmente situado en la aspiración o tras el ventilador de retorno. Permite regular el aire de retorno, el aire exterior y el de expulsión en los porcentajes deseados. La mezcla permite enfriar sin aporte de energía parte del aire de renovación. Este concepto se conoce como free cooling.
4. Secciones de baterías: Baterías para aumentar o reducir la temperatura del aire.
5. Secciones de filtrado.
6. Secciones de silenciador.



7. Secciones de recuperación de energía: Sección de intercambio de energía entre el aire de extracción y el aire de ventilación.
8. Secciones de ventilación.

Los climatizadores se encargan de gestionar todos los aspectos necesarios para conseguir unas condiciones ambientales ideales. Aseguran y controlan la ventilación, la limpieza, la temperatura y la humedad, lo que se denomina un tratamiento integral del aire utilizado en el sistema de climatización. Para ser capaces de gestionar todos estos parámetros las unidades de tratamiento de aire se fabrican mediante módulos acoplados. Cada uno de estos módulos tiene una función muy concreta.

- Ventilación (aporte de aire exterior)
- Calidad de aire (filtrado)
- Temperatura (calentamiento o enfriamiento)
- Humedad (humectando en invierno y deshumectando en verano)

En el caso concreto de los sistemas de inyección de vapor, se instalan en la sección de humectación.

Como ya se ha destacado anteriormente, la distancia de absorción de vapor tiene un papel fundamental en el funcionamiento de este tipo de humectadores. Los fabricantes de UTAs intentan reducir lo máximo posible el coste de fabricación del producto. Uno de los puntos críticos es el módulo de humectación. Si el sistema que se va a emplear es de vapor, cuanto menor sea la distancia de vapor requerida, menor será la longitud total de la UTA. Cada centímetro extra en estos equipos supone un sobrecoste significativo.

Una vez conocido el funcionamiento de los climatizadores, es necesario mencionar la utilización de vapor limpio en los hospitales. Todos los componentes tienen que cumplir con unas normas higiénicas que aseguren el buen estado del aire que entra en el circuito de climatización.

Para dimensionar la unidad de tratamiento de aire se tienen que considerar las condiciones ambientales más desfavorables posibles.

Sin embargo, antes de definir las condiciones de diseño, se van a identificar las normas que se han seguido.

La carga de diseño de los hospitales se compone de la carga de ventilación, las infiltraciones, la frecuencia de apertura de puertas, el equipamiento y las personas. Sin embargo, la carga de humidificación más representativa en los hospitales es la carga de ventilación. Supone más de un 85% de la carga total.

Para simplificar los cálculos se va a suponer que la carga total es igual a la carga de ventilación.

De acuerdo con el reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, la carga de ventilación se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Q = V \times N \times C_{s\text{ aire}} \times (t_{int} - t_{ext})$$

Siendo:

- $Q$  [kcal/h]: la carga térmica de ventilación.
- $V$  [m<sup>3</sup>]: volumen del quirófano. Entre 105 y 180 m<sup>3</sup>
- $N$  [h<sup>-1</sup>]: renovaciones mínimas por hora. Mínimo 20 renovaciones por hora.
- $C_{s\text{ aire}}$  [kcal/m<sup>3</sup>°C]: calor específico del aire.
- $t_{int}$  [°C]: temperatura proyectada hacia el interior del quirófano.
- $t_{ext}$  [°C]: temperatura en el exterior.

$$Q = 150 \times 25 \times 0,28 \times (14 - 0,3) = 13.906 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Una vez obtenido este valor se puede seleccionar el modelo de unidad de tratamiento de aire que más se ajuste a nuestros requerimientos.

La unidad de tratamiento de aire que se ha seleccionado se define a continuación:

### **Servicio: Quirófano.**

Unidad de tratamiento de aire del tipo horizontal unizona de media velocidad fabricada con paneles sándwich de chapa lisa galvanizada y aislamiento intermedio de 40 mm, formado por fibra de vidrio o lana de roca, cumpliendo UNE 100713.

Las unidades tendrán certificación EUROVENT según la norma UNE-EN 1886 con la siguiente clasificación:

- Resistencia 2A
- Estanqueidad B
- Transmitancia T3
- Puente térmico TB2
- Comportamiento ante el fuego M0

Estará compuesta de las siguientes opciones:

- Sección de toma de air con compuerta de regulación para mando motorizado.
- Sección de filtración con una eficacia del 90%, método gravimétrico, CEN EN 779 clase G4.
- Sección de filtro con una eficacia entre el 80-90%, método opacimétrico, CEN EN 779 clase F-5.
- Sección de batería de precalentamiento con un mínimo de dos filas construida con tubo de cobre y aletas de con las siguientes características de trabajo:



Condiciones del agua:

Temperatura entrada agua: 85°C.

Temperatura salida agua: 70°C.

Pérdida máxima de agua: 1,5 m.c.a.

Condiciones del aire:

Entrada: 0.3°C.

Salida: 14°C.

Potencia: 13.906 kcal/h.

Velocidad máxima de aire: 2,5 m/s.

- Sección de humidificación eléctrica con mirilla y luz interior, incluyendo lanza de inyección de vapor con longitud suficiente y con un mínimo de 1,2 metros, en el sentido del aire sin que se originen condensaciones sobre la superficie del elemento siguiente del climatizador. La lanza de vapor estará formada por: un filtro en y, separador de vapor tipo centrífugo, válvula de vapor con actuador eléctrico proporcional, sistema de dispersión de vapor con camisa calefactora externa y toberas calibradas, purgadores de tipo flotador y termostático y termostato de seguridad para evitar la proyección de agua.

Capacidad de humectación: 15 kg/h.

- Sección de batería de enfriamiento con un mínimo de seis filas, cnstruida con tubo de cobre y aletas de cobre con las siguientes características.

Condiciones de agua:

Temperatura entrada agua: 7°C.

Temperatura salida agua: 12°C.

Pérdida máxima de carga: 3mm columna de agua.

Condiciones de aire:

Entrada: 32,4°C T.B.S/ 22,4°C T.B.H.

Salida: 11 °C T.B.S. / 90% T.B.H.

Potencia: 34.600 FRIG/h.

Velocidad máxima frontal de aire: 2,5m/s.

Es preciso dejar un espacio entre baterías de por lo menos 50cm.

- Sección de batería de recalentamiento con un mínimo de dos filas construida con tubo de cobre y aletas de aluminio de las siguientes características:

Condiciones del agua:

Temperatura entrada agua: 85°C.

Temperatura salida agua: 70°C.

Pérdida máxima de agua: 1,5 mm columna de agua.

Condiciones de aire:

Entrada: 14°C.

Salida: 25°C.

Potencia: 14.100 kcal/h.

Velocidad máxima frontal de aire: 2,5m/s

- Sección de ventilación formada por ventilador centrífugo de doble oído con rodete a reacción de palas air-foil hacia atrás, marca: Nicotra, Chicago o equivalente aprobado con tomas de presión en los oídos para lectura de caudal y tubería de conexión al exterior de la unidad, motor con variador de frecuencia y soporte ajustable, transmisión protegida de poleas y correas, soporte anti vibrador del conjunto mediante muelles, acoplamiento elástico en la impulsión y resto de accesorios necesarios. Con las siguientes características:

Caudal: 3.350 m<sup>3</sup>/h.

Presión estática disponible en conducto: 80 mm de columna de aire.

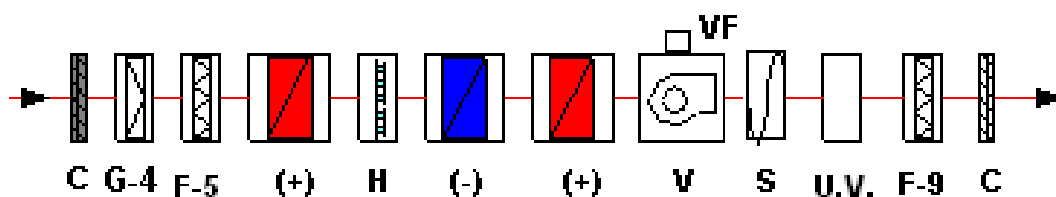
Rendimiento mínimo: 70 %

(La selección se realizará en el punto de máximo rendimiento y mínimo nivel acústico según la curva de trabajo del fabricante elegido)

Plenum de transición con elemento de reparto de aire.

- Sección de amortiguador de sonido en la salida del aire, construida en chapa de acero galvanizada y material acústico de fibra mineral recubierta de una lámina lisa especial anti erosiva.
- Sección de filtros con una eficacia del 95%. Método opacimétrico CEN EN 779 Clase F-9.
- Compuerta motorizada estanca.
- Plenum de salida de aire para conducto.

A continuación, se muestra el esquema con todos los elementos del climatizador y su posición:



#### 4.5 Dimensionado del Sistema de inyección y de sus accesorios.

Los sistemas de inyección de vapor pertenecen a los humidificadores isotérmicos que se han definido anteriormente. Se diferencian dos tipos, las lanzas de inyección simple y los sistemas con varias lanzas. Para decidirse entre uno u otro sistema se debe valorar la distancia de absorción disponible y la carga de vapor que se tiene que aportar al flujo de aire. Los sistemas de inyección de vapor con varias lanzas consiguen distancias de absorción menores y pueden aportar cargas mayores. Sin embargo, las lanzas de vapor simples son una opción más interesante para cargas más pequeñas. Además, su precio es considerablemente inferior.

En este caso se ha optado por un sistema de inyección de vapor con una lanza de dispersión de longitud nominal 700 milímetros. La distancia de absorción será menor a 1200 milímetros.

El equipo puede situarse tanto en conducto como en la sección de humidificación de una unidad de tratamiento de aire.

En este caso se va a instalar en el climatizador que se ha definido en el punto anterior. Hay que tener en cuenta que las dimensiones del sistema de inyección se hacen a medida para que se ajusten perfectamente a las dimensiones internas de la unidad de tratamiento de aire.

Solo quedan dentro de la unidad de tratamiento de aire las lanzas de vapor. El resto de los componentes tienen que estar en el exterior porque requieren un fácil acceso para su mantenimiento.

En la figura 42 se muestra un ejemplo en tres dimensiones:

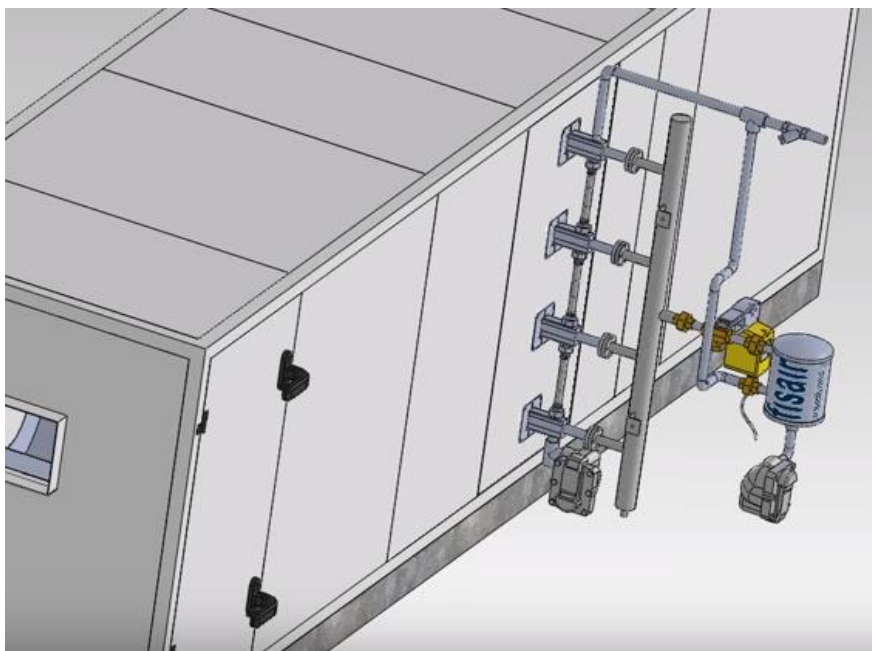


Figura 45: Instalación de un Sistema de inyección de vapor en una unidad de tratamiento de aire.

A continuación, se van a definir las particularidades y el funcionamiento del sistema de inyección de vapor utilizado.

En el esquema de la figura 43, se pueden apreciar los diferentes componentes:

1. Lanza de vapor encamisada:  
La principal función de este tipo de recubrimiento es la de re evaporar el vapor que va a ser introducido en el conducto a través de las boquillas.
2. Válvula de expansión: Se encarga de bajar la presión del vapor vivo. Es preferible que la presión del fluido sea lo más parecida posible a la presión.
3. Actuador: Elemento que controla la apertura de la válvula de expansión.
4. Separador de vapor: Se encarga de dissociar el vapor y el condensado. Por lo general, suele funcionar de manera rotacional. El flujo entra en una espiral en la que solo el vapor, es capaz de ascender. De esta manera conseguimos que el vapor que se inyecta en el conducto sea vapor seco.
5. Purgador: Su función principal es evitar que salga vapor a la línea. Se suelen emplear dos tipos. Los purgadores termostáticos y los purgadores mecánicos.
6. Filtro en Y: Protege al sistema de inyección de los residuos o impurezas que puedan haber sido arrastrados por el vapor. Asegura que no penetre ningún elemento corrosivo ni en la lanza ni posteriormente en el conducto.

7. Boquillas de inyección: Elemento a través del cual se inyecta el vapor al conducto. Suelen ser boquillas termoplásticas con un coeficiente de dilatación muy pequeño. Se utilizan boquillas de diferentes tamaños en función de la carga que tiene que ser soportada por el sistema.

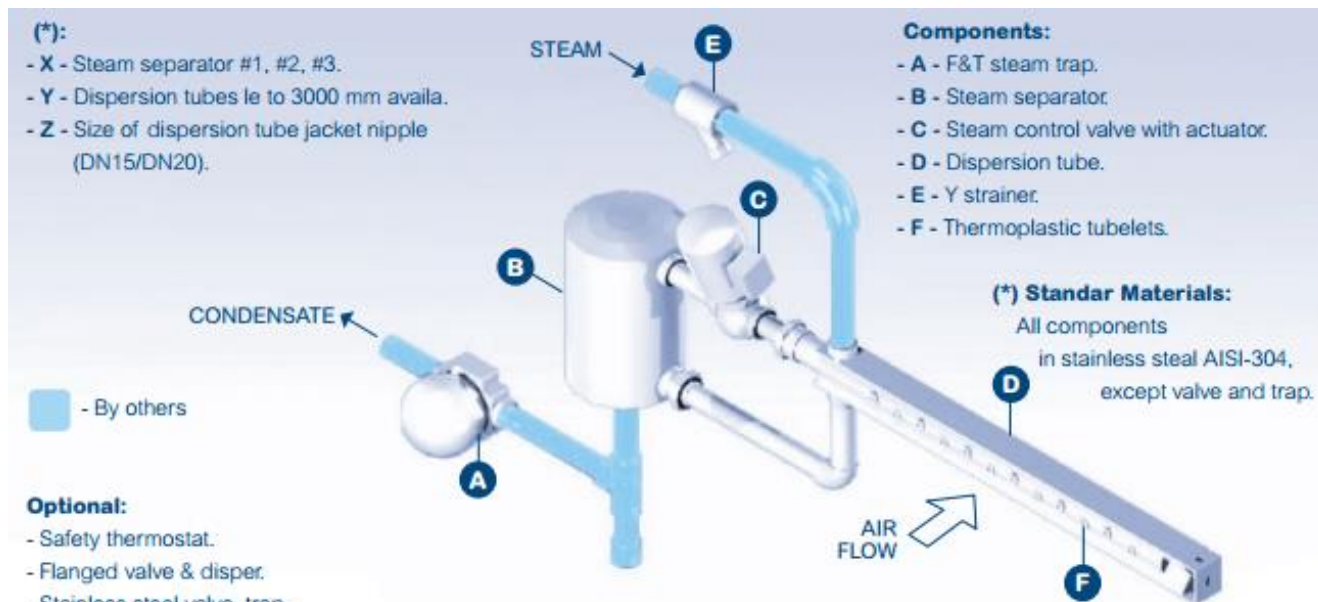


Figura 46: Dibujo esquemático de un Sistema de inyección de vapor con sus componentes.

A continuación, se define el funcionamiento del humidificador:

1. El vapor de trabajo es generado tradicionalmente en una caldera y, posteriormente, es conducido por un sistema de tuberías hasta el sistema humectador.
2. Durante el trascurso del vapor por las conducciones, erosiona las mismas, arrastrando una serie de residuos que podrían suponer un problema para el correcto funcionamiento del sistema humectador e incluso para la salud de las personas si llegasen a entrar en el aire de proceso. Para evitar este hecho, se utiliza un filtro en Y. Las partículas ajenas son detenidas en el filtro, permitiendo el paso del vapor sin ningún tipo de impureza.
3. El fluido sigue su camino con una temperatura altísima. Esto se va a aprovechar en la camisa de las lanzas, ya que el primer paso que realiza el vapor por la lanza de inyección no entra en el circuito de inyección. Avanza por la camisa re evaporando los condensados que se originan en el interior de la misma.
4. Después entra en el separador de vapor, que redirige los condensados para evitar que lleguen a la válvula y que puedan terminar en el climatizador o en el conducto.

5. La válvula regula el vapor que entra en las lanzas de inyección gracias al actuador, que normalmente se controla con una señal 0-10 V dc que marca el porcentaje de apertura de la válvula. Como seguridad, se suelen utilizar dos tipos de sensores que corten el paso del vapor. Uno de ellos es el higrostató de máxima, que manda una señal de cierre cuando se alcanza un valor de humedad relativa prefijado. Suele definirse como valor de corte el 90% de humedad relativa. El otro sensor que también se utiliza mucho es el sensor de flujo, que cuando detecta que no se está moviendo el aire manda una señal de corte al actuador, para que no siga inyectando vapor directamente contra las paredes o el techo del climatizador o conducto.
6. A continuación, el vapor entra en las lanzas de vapor y es inyectado a través de las boquillas, que han sido dimensionadas en función de la carga y de la longitud nominal de la lanza de vapor.

Una vez obtenidas las condiciones de entrada y de salida del sistema de inyección de vapor se van a calcular todos los parámetros necesarios para dimensionar el equipo. En primer lugar, se debe definir el caudal de aire que va a circular por la unidad de tratamiento de aire.

Se debe tener en cuenta, que la velocidad de paso del aire en los climatizadores es muy variable. Puede oscilar desde un metro por segundo hasta cinco metros por segundo. La velocidad depende directamente de la sección de paso de la unidad de tratamiento de aire. En algunos mercados, la velocidad es alta porque se reduce la sección lo máximo posible para reducir costes. Sin embargo, en otros mercados donde el precio no es el aspecto fundamental, se realizan unidades de tratamiento de aire con secciones más grandes, lo que origina una velocidad de paso más lenta.

Cuando se lleva a cabo el proyecto de climatización de un hospital, se prioriza la seguridad y las buenas condiciones de los equipos antes que el precio. Como regla general, las velocidades de paso del aire por las diferentes secciones del climatizador son pequeñas. Suelen estar comprendidas entre un metro por segundo y dos metros por segundo.

Se suele utilizar una unidad de tratamiento de aire por quirófano ya que, de esta manera se minimiza el riesgo de quedarse sin quirófanos con las condiciones necesarias por avería.

Esto implica que los caudales de aire que manejan los climatizadores no sean excesivamente grandes. Suelen estar comprendidos entre los 1200 y los 10.000 m<sup>3</sup>/h. Dependiendo del tamaño del climatizador y la carga de ventilación de cada bloque del hospital.

Las dimensiones de las unidades de tratamiento de aire varían mucho en función del fabricante y la estandarización que haya implantado.

En este caso las dimensiones internas de la UTA que se van a utilizar son las siguientes:

Ancho (W) [mm]	Alto (H) [mm]	Sección de paso [m <sup>2</sup> ]
800	500	0,4

Figura 47: Dimensiones internas de la unidad de tratamiento de aire.

Una vez definidas las dimensiones interiores de la unidad de tratamiento de aire y teniendo en cuenta las limitaciones de velocidad de paso y ruido, podemos calcular la carga de humectación máxima que necesitará aportar el humidificador.

Para ello, se va a utilizar la siguiente expresión.

$$Carga\left[\frac{kg}{h}\right] = \frac{\text{Flujo de aire}\left[\frac{m^3}{h}\right] \times (w_s - w_e) \times \rho_{\text{aire}}}{1000}$$

Es necesario tener en cuenta que la densidad del aire depende de manera directa de la densidad del mismo. Dichas variaciones se muestran en la figura 62.

## Apéndice A ■ Propiedades termofísicas de la materia

839

TABLA A.4 Propiedades termofísicas de gases a presión atmosférica<sup>a</sup>

<i>T</i> (K)	<i>ρ</i> (kg/m <sup>3</sup> )	<i>c<sub>p</sub></i> (kJ/kg · K)	<i>μ</i> · 10 <sup>7</sup> (N · s/m <sup>2</sup> )	<i>v</i> · 10 <sup>6</sup> (m <sup>2</sup> /s)	<i>k</i> · 10 <sup>3</sup> (W/m · K)	<i>α</i> · 10 <sup>6</sup> (m <sup>2</sup> /s)	<i>Pr</i>
<b>Aire</b>							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683

Figura 48: Variación de la densidad del aire en función de la temperatura.

Interpolando los valores de la tabla anterior se obtiene que la densidad del aire es 1.19 kg/m<sup>3</sup>.

El incremento de humedad absoluta también se puede obtener con los resultados del apartado anterior.

Sustituyendo cada uno de los valores en la ecuación, se obtiene:

$$Carga\ max\left[\frac{kg}{h}\right] = \frac{3350 \times (10,93 - 3,48) \times 1,19}{1000} = 29,7\left[\frac{kg}{h}\right]$$



La carga del sistema de inyección es el valor más significativo para definir tanto el sistema de inyección como todos los componentes que le acompañan.

Este valor condiciona el número de lanzas del sistema de inyección, el número y diámetro de las boquillas de las mismas, el Kv de la válvula, las tuberías de condensado y las tuberías de vapor.

Además, el incremento de temperatura y la formación de condensados también están directamente relacionados con el valor de la carga de vapor.

En el caso de los sistemas que funcionan con vapor de caldera no es tan restrictivos como en aquellos equipos que funcionan con vapor generado. Ya sea por generadores de electrodos o intercambiadores de vapor, ya que el precio depende directamente de la carga máxima que pueden generar.

A continuación, se van a dimensionar los principales elementos que acompañan al sistema de inyección de vapor:

- Válvula de control: Las válvulas de vapor se seleccionan a través del valor característico Kv. Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$k_v = \frac{Q}{18,05 \times \sqrt{P_d \times P_1}}$$

Dónde:

- Q = la carga de vapor en kg/h.
- P<sub>1</sub> = la presión absoluta de entrada en bar.
- P<sub>d</sub> = la presión diferencial en bar.

$$k_v = \frac{29,7}{18,05 \times \sqrt{1,1 \times 2,41}} = 1,19$$

Una vez obtenido este valor característico, se selecciona la válvula que mejor se ajusta en función de las opciones que se muestran en la *figura 63*:



Allowable Differential Pressure for Steam <sup>a</sup>			35 psi (241 kPa)
Valve Size	C <sub>v</sub> Rating <sup>b</sup>	k <sub>vs</sub> Rating <sup>b</sup>	Complete Valve Body Part Number
1/2"	0.10	0.09	VBS-9263-0-6-31
	0.22	0.19	VBS-9263-0-6-33
	0.4	0.3	VBS-9263-0-6-01
	0.75	0.65	VBS-9263-0-6-35
	0.95	0.82	VBS-9263-0-6-36
	1.3	1.1	VBS-9263-0-6-02
	1.75	1.51	VBS-9263-0-6-37
	2.2	1.9	VBS-9263-0-6-03
	2.80	2.42	VBS-9263-0-6-38
	3.25	2.81	VBS-9263-0-6-39
3/4"	3.6	3.1	VBS-9263-0-6-04
	4.3	3.7	VBS-9263-0-6-45
	5.0	4.3	VBS-9263-0-6-05
	6.2	5.4	VBS-9263-0-6-06

Figura 49: Modelos de válvulas Schneider Electric.

Seleccionamos el modelo “VBS-9263-0-6-37”, válvula de tamaño ½”. En el anexo 1, se puede encontrar más información.

Para asegurar un control satisfactorio hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La velocidad del vapor saturado por el cuerpo de la válvula no debe superar los 150 m/s.
- Deben considerarse los límites establecidos de ruido. Existen elementos internos que lo reducen.

- Actuadores electro-neumáticos: Se selecciona a través de tablas proporcionadas por los fabricantes. Normalmente indican una presión diferencial máxima en función del DN de la válvula. También se diferencia en función del tipo de conexión eléctrica y de la señal de control.

En este caso se ha elegido el actuador “MS51-7103-050” con señal de control proporcional 0-10 Vdc.

En el Anexo 2 se puede encontrar más información.

- Purgadores: Se diferencia el purgador termostático de la línea de condensados a temperatura atmosférica del purgador mecánico de la línea de condensados a presión.

El purgador mecánico elegido es el modelo “SK61” de la empresa AYVAZ. Está completamente fabricado en acero inoxidable. Están especialmente diseñados para descargas continuas de condensado, ya que no son efectivos ante cambios repentinos de presión. El principio de funcionamiento es muy sencillo, se controla una válvula a

través de un flotador que mide la cantidad de condensado en el interior. En el Anexo 3 se puede encontrar más información.

Por otro lado, el purgador termostático elegido es el modelo “TKK 41” también de la empresa AYVAZ. En el Anexo 4 se puede encontrar más información.

- Conexiones: En las instalaciones de vapor se utilizan principalmente dos tipos de conexiones desmontables. La conexión roscada y la conexión embridada. La elección del tipo de conexión depende de la presión de la línea de vapor de alimentación. El valor crítico está marcado en 2,4 bar.g. Si la presión es superior a este valor la conexión debe ser embridada mientras que si es inferior puede ser roscada. Las conexiones roscadas son más económicas que las conexiones embridadas.

En el caso de la instalación de vapor del hospital que estamos dimensionando, la presión máxima es de 2,1 bar.g por lo que es suficiente con las conexiones roscadas. Si la presión se modifica y llega a sobrepasar los 2,4 bar.g marcados, es necesario modificar las conexiones.

- Lanzas de vapor: Las lanzas de vapor se seleccionan en función de dos parámetros, la carga de vapor y la longitud disponible.

Cómo el ancho interno de la sección de la unidad de tratamiento de aire es de 1000mm, se va a utilizar una lanza de longitud nominal 900mm. La longitud nominal se conoce también como la longitud de inserción o longitud efectiva.

El vapor será inyectado a través de unas boquillas termoestables. Se caracterizan porque su diámetro depende de la carga que deben inyectar.

El proveedor define una capacidad máxima para cada diámetro.

Para asegurar una buena distribución del vapor a lo largo de toda la sección, se intenta instalar el máximo número de boquillas, de acuerdo a la longitud disponible de la lanza.

Algunos fabricantes tienen estandarizado el número de toberas según la lanza y solo ajustan el diámetro de las mismas en función de la carga de vapor.

De acuerdo a las especificaciones que se muestran en el anexo 5, cada lanza de vapor contará con 20 toberas de difusión de 1/16” de diámetro. Cómo la carga total de vapor es 18,4 kg/h, con una sola lanza sería suficiente. Sin embargo, también hay que tener en cuenta la distancia de absorción de vapor. Para asegurar que la distancia de absorción no es muy grande, se van a utilizar dos lanzas de vapor.

- Distancia de absorción: La distancia de absorción de este equipo es menor a 1200mm, tal y como precisa la descripción del climatizador. Es necesario tener en cuenta esta distancia libre aguas abajo del humidificador a la hora de dimensionar la sección necesaria.

- Condensados: La cantidad de condensados es uno de los datos más importantes a la hora de seleccionar el equipo adecuado. Como ya se ha explicado anteriormente, no todo el vapor que entra en el equipo es inyectado en la corriente de aire. Un porcentaje se condensa y debe ser evacuado, ya que la condensación en el aire de proceso podría tener unas consecuencias desastrosas.

En este caso se maneja un porcentaje de condensados del 4%, lo que supondría unos 0,7 kg/h.

- Tuberías de vapor y condensados: Debe diferenciarse entre las tuberías de condensado a presión atmosférica y las tuberías de condensado a presión. Los tubos de recirculación de condensados también tienen una capacidad máxima de vapor. Depende del diámetro, del material y de la longitud del tubo.

## 5. PRESUPUESTO

Una vez definidos los diferentes componentes de los sistemas de inyección, se va a calcular el coste de fabricación y a continuación el precio de lista.

Para poder calcular el coste de fabricación es necesario saber que componentes se van a realizar en la propia línea de producción y cuales se van a subcontratar o adquirir a través de proveedores externos.

Primero se va a calcular el coste de compra de los materiales necesarios para fabricar el humidificador.

### Coste de Materiales

Componente	Proveedor	Coste de Compra
Separador de vapor	Lasertek	49,29 €
Válvula Siebe INOX	Schneider Electric	141,85 €
Actuador vapor DuraDrive	Schneider Electric	74,23 €
Filtro Y INOX 3/4"	Matinex	5,79 €
2 x Purgador vapor flotador INOX	Ayvaz	136,00 €
Purgador T&T 3/4"	Ayvaz	15,00 €
Lanzas de vapor	Lasertek	110,49 €
Enlaces y conexiones	Lasertek	25,41 €
<b>Total</b>		<b>558,06 €</b>

Una vez definido el coste total de material se debe tener en cuenta la mano de obra directa necesaria para montar, probar y embalar el equipo.

El coste de mano de obra estipulado en España es de 20 €/h.

## Mano de obra directa

Operación	Horas necesarias	Coste mano de obra
Montaje lanza de vapor y boquillas	2	40,00 €
Montaje accesorios	1	20,00 €
Prueba vapor a presión	1	20,00 €
Embalaje	0,5	10,00 €
	<b>4,50 h</b>	<b>90,00 €</b>

Una vez calculados los costes asociados a la fabricación del sistema de inyección de vapor se puede calcular el precio de lista. Para ello, se van a utilizar los siguientes márgenes:

- Margen Industrial: 40%.
- Margen Comercial: 30%.
- Margen Indirecto: 30%.

El precio de lista se define, partiendo del coste, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Precio de Lista} = \frac{\text{Coste} \times (1 + \text{Margen Industrial}) \times (1 + \text{Margen Comercial})}{(1 - \text{Margen Indirecto})}$$

$$\text{Precio de Lista} = \frac{(558,06 + 90) \times (1 + 0,3) \times (1 + 0,4)}{(1 - 0,3)} = \mathbf{1.825,37 \text{ €}}$$

Gracias a estos márgenes se puede definir el descuento máximo que puede aplicar la empresa sin comprometer sus beneficios en cada producto.

El margen no tiene por qué ser el mismo en todas las líneas de producto que posee una compañía. En determinados mercados en los que la competencia por precio es súper agresiva, se puede reducir el margen para poder lograr un precio competitivo, mientras que en otros mercados en los que el precio no es el factor más determinante, se puede aumentar el margen.

## 6. ALTERNATIVAS

Siempre que se realiza un proyecto con humidificación con vapor se deben valorar todas las alternativas que ofrece el mercado.

Durante el proceso de selección se valoran tres alternativas:

- Sistema de inyección de vapor: A nivel de precio de adquisición es una opción realmente interesante, además, los costes de funcionamiento están asociados a la generación de vapor en la caldera central, por lo que no supone un coste añadido. El problema que presenta esta opción es que el edificio debe poseer unas condiciones muy concretas. Es necesario que la caldera central sea de acero inoxidable y todas las conducciones de vapor también. Es obligatorio utilizar vapor sanitario para humectar en hospitales. No siempre la red de vapor y calefacción de los hospitales se lleva a cabo en su totalidad con acero inoxidable.
- Auto-generador eléctrico más sistema de dispersión de vapor: A nivel de precio de adquisición es una opción muy interesante. Se utiliza sobre todo en aplicaciones donde no existe vapor para utilizar. El principal problema asociado a esta solución es el consumo eléctrico asociado a la generación de vapor y la instalación eléctrica que hay que realizar. Además, si la carga de vapor necesario es considerablemente alta se tendrían que utilizar varios generadores para una única unidad de tratamiento de aire, reduciendo la ventaja competitiva en lo que a precio se refiere. Se suele optar por esta solución cuando el número de estancias con control de humedad no es muy elevado.
- Intercambiador de calor mas sistema de dispersión: Esta solución es la idónea cuando el vapor existente en la instalación no es sanitario. En lugar de cambiar la caldera y todas las conducciones, se utiliza este elemento final para generar vapor limpio. Existen dos alternativas intercambiador de calor vapor-vapor o intercambiador de calor agua sobrecalentada-vapor. El coste de adquisición de este sistema es mucho mayor que las otras dos alternativas.

Una vez definidas las tres alternativas más utilizadas para controlar la humedad en los hospitales, se va a realizar una comparación directa de precio de adquisición de acuerdo con la carga calculada en el punto número 4 de este documento (< 30 kg/h).

- Sistema de inyección de vapor: 1 lanza de 700mm de longitud de inserción tiene un coste de adquisición de 1.825,67 €. El coste del kWh obtenido mediante gas natural en la caldera central es de 0,05 €/kWh.

- Auto-generador más sistema de dispersión de vapor: El conjunto formado por 1 generador de electrodos, 1 sistema de dispersión y las conexiones de vapor y condensados necesarias tiene un precio de lista de 2.000-2.500 €. El coste del kWh obtenido por electricidad es de 0,13 €/kWh.
- Intercambiador de calor más sistema de dispersión: El conjunto formado por un intercambiador de calor agua sobrecalentada – vapor, 1 sistema de dispersión y las conexiones de vapor y condensados necesarias tiene un precio de lista de 3.000-4.000 €.

En definitiva, la selección del humidificador de vapor se llevará a cabo en función de si existe vapor en la instalación, qué tipo de vapor y el presupuesto disponible tanto para la parte de climatización como para la de calefacción.

También hay que tener en cuenta el coste del kWh y los costes asociados a la instalación de cada una de las alternativas. Material de las conducciones de vapor, elementos de seguridad, transformadores eléctricos, etc.

En España actualmente se está optando por la solución del intercambiador de calor para generar vapor limpio. La inversión en humidificadores es mayor que con las otras alternativas, pero supone un importante ahorro en el punto de la calefacción. Por ejemplo, los hospitales de Salamanca y Toledo incluyen esta solución.

Sin embargo, como contrapunto, en clínicas de menor tamaño se está optando por los sistemas de inyección de vapor. Como el número de habitaciones con control de humedad es realmente inferior, el incremento de la parte de humectación no compensa el ahorro de coste en la parte de calefacción.

Por último, en otros países europeos como Alemania, el control de humedad no es tan exhaustivo como en España. El número de habitaciones que requieren control de humedad es menor. Por esta razón se opta por los auto-generadores de vapor.

## 7. CONCLUSIONES

Asegurar las condiciones ambientales necesarias en los edificios es absolutamente indispensable para garantizar la sensación de confort y el control de muchas variantes que pueden suponer un riesgo para las personas, como por ejemplo la proliferación de bacterias, la electricidad estática o la formación de moho.

Las unidades de tratamiento de aire permiten no solo modificar las condiciones ambientales exteriores de cada localización en las condiciones necesarias para cada aplicación, sino también, controlar sus variaciones en tiempo real para garantizarlas en todo momento.

El sistema de inyección que se ha dimensionado permite aumentar la humedad relativa del aire hasta el punto necesario sin aumentar el consumo energético de la unidad de tratamiento de aire de manera considerable ya que se aprovecha el vapor que se genera en la caldera central del hospital.

La seguridad higiénica en los sistemas de climatización de los hospitales se centra sobre todo en reducir al mínimo la posibilidad de proliferación de la bacteria *Legionella* en toda la instalación. El uso de humidificadores de vapor es muy recomendable porque minimiza el riesgo de infección por *Legionella*.

Las especificaciones del sistema de inyección dimensionado son las siguientes:

Una única lanza de vapor de 900mm de longitud total con toberas calibradas de acuerdo con la carga máxima de diseño, 30 kg/h. El caudal de proceso del climatizador utilizado en el quirófano es 3.350 m<sup>3</sup>/h.

El coste de adquisición del sistema de inyección de vapor es de 1.825,37 € y los costes asociados a la producción de vapor se estiman en 0,05 €/kWh.

Si centramos el foco de reducción de costes en el sistema humectador en particular, los costes tanto de producción de vapor como de adquisición del equipo, habremos elegido la alternativa más económica. Por el contrario, si tenemos en cuenta el alto coste de adquisición de una caldera completamente fabricada en acero inoxidable y todas las conducciones de vapor del mismo material, no será la alternativa más económica.

Por otro lado, también se tiene que tener en cuenta el coste asociado al mantenimiento de las diferentes alternativas. Los sistemas auto generadores de electrodos conllevan un coste de mantenimiento y repuestos muy elevado.

Por todos estos motivos se ha optado por el sistema de inyección de vapor sanitario procedente de la caldera central del edificio.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Comunidad de Madrid. Módulo quirúrgico y de CMA. Fecha de consulta: 10-02-18. Disponible en: <http://www.madrid.org/contratos-publicos/1354200392771/1109266180653/1354200636889.pdf>
2. Unidades de tratamiento de aire. Blog Soler y Palau. Fecha de consulta: 12-02-18. Disponible en: <http://blog.solerpalau.es/unidades-de-tratamiento-de-aire/>
3. ELAI-UPM. Fundamentos de climatización. Fecha de consulta: 20-01-18. Disponible en: [http://www.elai.upm.es/moodle/pluginfile.php/686/mod\\_resource/content/0/Apuntes1-2p.pdf](http://www.elai.upm.es/moodle/pluginfile.php/686/mod_resource/content/0/Apuntes1-2p.pdf)
4. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e igualdad. Ecología y biología de Legionella. Fecha de consulta 10-02-18 Disponible en: [https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/1\\_leg.pdf](https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/1_leg.pdf)
5. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Bloque quirúrgico, Estándares y recomendaciones. Fecha de consulta: 21-01-18. Disponible en: <http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/BQ.pdf>
6. Veloso Vidal, Climatización de pabellón clínico. Fecha de consulta: 20-01-18. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfciv443c/doc/bmfciv443c.pdf>
7. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Fecha de consulta: 20-01-18. Disponible en: <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>
8. L. Harriman, G. Brundrett, y R. Kittler, “Humidity control Design Guide”. American society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.
9. M.J. Moran, y H.N Shapiro, “Fundamento de termodinámica técnica”. Editorial Reverté S.A.
10. Departamento de formación Spirax Sarco. Técnicas para el uso eficiente de vapor.

## 9. ANEXOS

- Anexo 1: Hoja técnica de la válvula de vapor.
- Anexo 2: Hoja técnica del actuador de la válvula.
- Anexo 3: Hoja técnica del Purgador Mecánico.
- Anexo 4: Hoja técnica del purgador termostático.
- Anexo 5: Disposición de las boquillas en función de la carga y la longitud de la lanza by FISAIR air humidity control.



**TAC**  
1354 Clifford Avenue  
P. O. Box 2940  
Loves Park, IL 61132-2940  
www.tac.com

## VBS-9263 Series

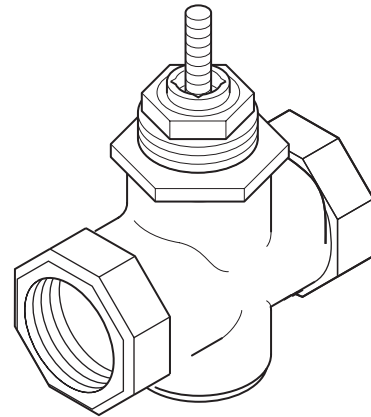
***1/2" and 3/4" Screwed NPT  
316 Stainless Steel  
Stem Up Closed, Two-Way Valves  
General Instructions***

### Application

VBS-9263 series single seat, stem up to close, two-way valves control water from 20 to 300°F (-7 to 149°C) or steam to 300°F (149°C) maximum in heating or air conditioning systems. They are used for two-position or proportional control applications. Valve assemblies require an actuator and a valve linkage that must be purchased separately.



***Danger:*** Do not use for combustible gas applications. The VBS-9263 series valve packings are not rated for combustible gas applications, and if used in these applications, gas leaks and explosions could result.



### Features

- Valve sizes 1/2" and 3/4"
- 250 psig pressure rating per ANSI Standards (B16.15–1985)
- Spring-loaded TFE packing
- American Standard Taper Pipe Thread (NPT) connections

### Applicable Literature

- TAC Valve Products Catalog, F-27384
- TAC Reference Manual, F-21683
- TAC Application Manual, F-21335
- Control Valve Sizing, F-13755
- EN-205 Water System Guidelines, F-26080

# SPECIFICATIONS

**Table-1 Specifications/Models.**

Specifications			Valve Body Series VBS-9263-0-6-P
<b>Service</b>			Hot Water and Steam
<b>Flow Characteristics (Figure-1)</b>			Modified Linear
<b>Action</b>			Stem Up Closed
<b>Sizes</b>			1/2" and 3/4"
<b>Type of End Fitting</b>			NPT
<b>Valve Materials</b>	<b>Body</b>	316 Stainless Steel	
	<b>Seat</b>	316 Stainless Steel	
	<b>Stem</b>	316 Stainless Steel	
	<b>Plug</b>	316 Stainless Steel	
	<b>Packing</b>	Spring-loaded TFE	
	<b>Disc</b>	EPDM	
<b>ANSI Pressure Class (Figure-2)</b>			250 (up to 400 psig below 150°F)
<b>Maximum Inlet Pressure, Steam</b>			100 psig (690 kPa)
<b>Allowable Control Media Temperature</b>			20 to 300°F (-7 to 149°C)
<b>Allowable Differential Pressure for Water<sup>a</sup></b>			35 psi (241 kPa) Max. for Normal Life (refer to "Cavitation Limitations on Valve Pressure Drop" on page 7)
<b>Allowable Differential Pressure for Steam<sup>a</sup></b>			35 psi (241 kPa)
<b>Valve Size</b>	<b>C<sub>v</sub> Rating<sup>b</sup></b>	<b>k<sub>vs</sub> Rating<sup>b</sup></b>	<b>Complete Valve Body Part Number</b>
1/2"	0.10	0.09	VBS-9263-0-6-31
	0.22	0.19	VBS-9263-0-6-33
	0.4	0.3	VBS-9263-0-6-01
	0.75	0.65	VBS-9263-0-6-35
	0.95	0.82	VBS-9263-0-6-36
	1.3	1.1	VBS-9263-0-6-02
	1.75	1.51	VBS-9263-0-6-37
	2.2	1.9	VBS-9263-0-6-03
	2.80	2.42	VBS-9263-0-6-38
	3.25	2.81	VBS-9263-0-6-39
	3.6	3.1	VBS-9263-0-6-04
3/4"	4.3	3.7	VBS-9263-0-6-45
	5.0	4.3	VBS-9263-0-6-05
	6.2	5.4	VBS-9263-0-6-06

<sup>a</sup> Maximum recommended differential pressure in open position. Do not exceed recommended differential pressure (pressure drop) or integrity of parts may be affected. Exceeding maximum recommended differential pressure voids product warranty.

<sup>b</sup>  $k_{vs} = m^3/h$  ( $\Delta P = 100$  kPa)       $C_v = k_{vs} \times 1.156$

## Close-off Pressure Rating

The close-off pressure rating is dependent on the size of the valve, valve linkage, and actuator. Consult the **TAC Valve Products Catalog, F-27384**, for close-off ratings.

## Normal Position of Valve Assembly

For a valve assembly (valve, linkage, and actuator) to have a normal (spring return) position, the actuator must be of the spring return type. See Table-2 for normal position of valve assemblies.

**Table-2 Required Compatible Actuators/Linkages.**

Actuator Series	Required Valve Linkage	Normal Position
MA-5210, MA-5211, MA-5213	AV-600	Normally Closed
MF-5X1X	AV-600 & AV-601	
MK-2690	AV-400	
MP-5210, MP-5211, MP-5213	AV-600 & AV-601	
MP-5410, MP-5411, MP-5413		
MPR-5610, MPR-5611, MPR-5613		
MPR-5713		

## Flow Characteristics

All valves have modified equal percentage flow characteristics. That is, for equal increments of valve stem stroke, the change in flow rate with respect to valve stroke may be expressed as a constant percent of the flow rate at the time of the change. The change of flow rate with respect to valve stroke is relatively small when the valve plug is near the valve seat and relatively high when the valve plug is nearly wide open. See Figure-1 for typical modified equal percentage flow characteristics of VBS-9263 series valve bodies.

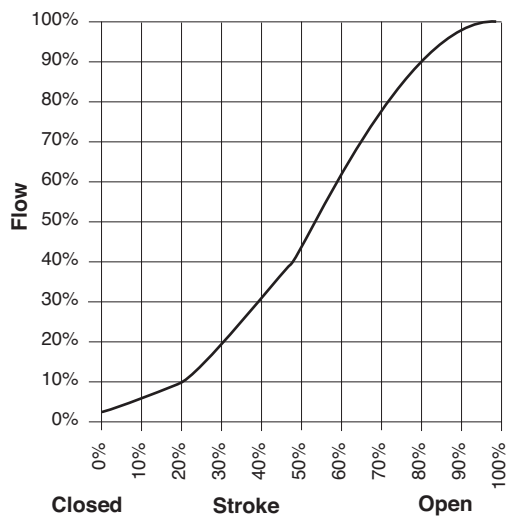


Figure-1 Typical Modified Equal Percentage Flow Characteristics.

## Rangeability

Rangeability is the ratio of rated flow to the minimum controllable flow through a valve. Table-3 lists the rangeability for VBS-9263 series valves.

**Table-3 Rangeability.**

Valve Body Part Number	Nominal Rangeability	Valve Body Part Number	Nominal Rangeability
VBS-9263-0-6-01	4	VBS-9263-0-6-33	2
VBS-9263-0-6-02	15	VBS-9263-0-6-35	8
VBS-9263-0-6-03	25	VBS-9263-0-6-36	10
VBS-9263-0-6-04	40	VBS-9263-0-6-37	20
VBS-9263-0-6-05	38	VBS-9263-0-6-38	30
VBS-9263-0-6-06	48	VBS-9263-0-6-39	35
VBS-9263-0-6-31	1	VBS-9263-0-6-45	50

## Temperature/Pressure Ratings

See Figure-2 for temperature and pressure ratings. Consult the appropriate valve linkage general instruction sheet for the effect of valve body ambient temperatures on specific actuators. Ratings conform with published values and disclaimer.

### VBS-9263-0-6-P (Screwed Stainless Steel Body)

*Standards:* Pressure to ANSI B16.15 Class 250 with 400 psig up to 150°F

*Materials:* Bronze, ASTM B584

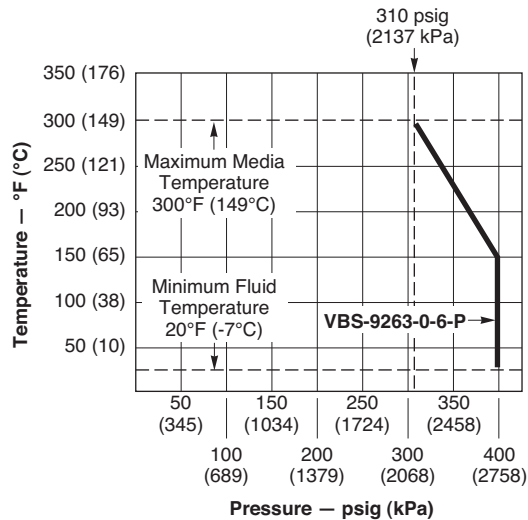


Figure-2 Temperature and Pressure Ratings for VBS-9263 Series Valve Bodies.

# VALVE SIZING AND SELECTION

## Water

### Two-position

Two-position control valves are normally selected “line size” to keep pressure drop at a minimum. If it is desirable to reduce the valve below line size, then 10% of “available pressure” (that is, the pump pressure differential available between supply and return mains with design flow at the valve location) is normally used to select the valve.

### Proportional

Proportional control valves are usually selected to take a pressure drop equal to at least 50% of the “available pressure.” As “available pressure” is often difficult to calculate, the normal procedure is to select the valve using a pressure drop at least equal to the drop in the coil or other load being controlled (except where small booster pumps are used) with a minimum recommended pressure drop of 5 psi (34 kPa). When the design temperature drop is less than 60°F (33°C) for conventional heating systems, higher pressure drops across the valve are needed for good results (Table-4).

**Table-4 Conventional Heating System.**

Design Temperature Load Drop °F (°C)	Recommended Pressure Drop <sup>a</sup> (% of Available Pressure)	Multiplier on Load Drop
60 (33) or More	50%	1 x Load Drop
40 (22)	66%	2 x Load Drop
20 (11)	75%	3 x Load Drop

<sup>a</sup> Recommended minimum pressure drop = 5 psi (34 kPa).

**Secondary Circuits with Small Booster Pumps:** 50% of available pressure difference (equal to the drop through load, or 50% of booster pump head).

### Water Capacity

See Table-5 for water capacity of VBS-9263 series valves.

**Table-5 Water Capacity in Gallons Per Minute for VBS-9263 Series.**

Valve Body Part Number	C <sub>v</sub> Rating	Differential Pressure (ΔP in psi)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	35
VBS-9263-0-6-31	0.10	0.10	0.14	0.17	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.39	0.45	0.59
VBS-9263-0-6-33	0.22	0.22	0.31	0.38	0.44	0.49	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.85	0.98	1.30
VBS-9263-0-6-01	0.4	0.40	0.57	0.69	0.80	0.89	0.98	1.06	1.13	1.20	1.26	1.55	1.79	2.37
VBS-9263-0-6-35	0.75	0.75	1.06	1.30	1.50	1.68	1.84	1.98	2.1	2.3	2.4	2.9	3.4	4.4
VBS-9263-0-6-36	0.95	0.95	1.34	1.65	1.90	2.12	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.7	4.2	5.6
VBS-9263-0-6-02	1.3	1.30	1.84	2.3	2.6	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9	4.1	5.0	5.8	7.7
VBS-9263-0-6-37	1.75	1.75	2.5	3.0	3.5	3.9	4.3	4.6	4.9	5.3	5.5	6.8	7.8	10.4
VBS-9263-0-6-03	2.2	2.2	3.1	3.8	4.4	4.9	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	8.5	9.8	13.0
VBS-9263-0-6-38	2.80	2.80	3.96	4.85	5.6	6.3	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	11	13	16.6
VBS-9263-0-6-39	3.25	3.25	4.60	5.63	6.5	7.3	8.0	8.6	9.2	9.8	10.3	13	15	19.2
VBS-9263-0-6-04	3.6	3.60	5.09	6.2	7.2	8.0	8.8	9.5	10	10.8	11.4	14	16	21.3
VBS-9263-0-6-45	4.3	4.3	6.1	7.4	8.6	10	11	11	12	12.9	13.6	17	19	25.4
VBS-9263-0-6-05	5.0	5.0	7.1	8.7	10	11	12	13	14	15.0	15.8	19	22	29.6
VBS-9263-0-6-06	6.2	6.2	8.8	11	12	14	15	16	18	18.6	19.6	24	28	36.7

### C<sub>v</sub> Equation

$$C_v = \frac{\text{GPM}}{\sqrt{\Delta P}} \quad \Delta P = \left( \frac{\text{GPM}}{C_v} \right)^2 \quad \text{GPM} = C_v \sqrt{\Delta P}$$

Where:

C<sub>v</sub> = Coefficient of flow

GPM = U.S. gallons per minute (60°F, 15.6°C)

ΔP = Differential pressure in psi (pressure drop)

## Steam

### Two-position

Two-position zone valves and direct radiation valves are normally sized using a minimum of 10% of inlet pressure (psig).

### Proportional

Proportional control valves are normally sized using:

- For low pressure (15 psig or less), use  $\Delta P$  of 80% of gauge inlet pressure.
- For steam pressures greater than 15 psig, use  $\Delta P$  of 42% of absolute (gauge plus 14.7) inlet pressure.
- When the  $C_v$  required is between two valve sizes, select the larger size. Do not size steam valves using a pressure drop greater than 42% of the absolute inlet pressure.

### Steam Capacity

See Table-6 for steam capacity of VBS-9263 series valves.

**Table-6 Steam Capacity in Pounds Per Hour for VBS-9263 Series.**

Valve Body Part Number	$C_v$ Rating	Differential Pressure ( $\Delta P$ in psi) <sup>a</sup>															
		2 psig Inlet		5 psig Inlet		10 psig Inlet		15 psig Inlet		20 psig Inlet		25 psig Inlet		30 psig Inlet		35 psig Inlet	
		0.2	1.6	0.5	4	1	8	1.5	12	2	14	2.5	16	3	18	3.5	20
VBS-9263-0-6-31	0.10	0.5	1.5	0.9	2.4	1.5	3.5	2.0	4.4	2.4	5.1	2.9	5.8	3.4	6.6	3.8	7
VBS-9263-0-6-33	0.22	1.2	3.2	2.0	5	3.2	8	4.3	10	5	11	6	13	7	14	8	16
VBS-9263-0-6-01	0.4	2.2	6	4	10	6	14	8	17	10	20	12	23	13	26	15	29
VBS-9263-0-6-35	0.75	4	11	7	18	11	26	15	33	18	38	22	44	25	49	29	55
VBS-9263-0-6-36	0.95	5	14	9	23	14	33	19	42	23	49	27	55	32	62	36	69
VBS-9263-0-6-02	1.3	7	19	12	31	19	45	25	57	32	66	38	76	44	85	50	95
VBS-9263-0-6-37	1.75	10	26	16	42	26	61	34	77	42	89	51	102	59	115	67	128
VBS-9263-0-6-03	2.2	12	32	20	52	32	76	43	96	53	112	64	129	74	145	84	161
VBS-9263-0-6-38	2.80	15	41	26	67	41	97	55	122	68	143	81	164	94	184	107	205
VBS-9263-0-6-39	3.25	18	48	30	77	47	113	63	142	79	166	94	190	109	214	124	238
VBS-9263-0-6-04	3.6	20	53	33	86	53	125	70	157	87	184	104	210	121	237	137	263
VBS-9263-0-6-45	4.3	23	63	40	102	63	149	84	188	104	220	124	251	144	283	164	314
VBS-9263-0-6-05	5.0	27	74	46	119	73	173	98	219	121	255	145	292	168	329	191	366
VBS-9263-0-6-06	6.2	34	91	58	147	91	215	121	271	150	317	179	362	208	408	237	453

<sup>a</sup> Values are for saturated steam ( $K = 1$ ). Left column under each inlet pressure is for two-position control, and right column is for proportional control.

### $C_v$ Equation

$$C_v = \frac{QK}{3\sqrt{\Delta P \cdot P_2}} \quad Q = \frac{3C_v\sqrt{\Delta P \cdot P_2}}{K}$$

Where:

$C_v$  = Coefficient of flow

$Q$  = Lbs. per hour of steam

$\Delta P$  = Differential pressure in psi (pressure drop)

$P_2$  = Outlet pressure in psia (absolute) ( $P_2 = \text{Inlet pressure} + 14.7 - \Delta P$ )

$K$  =  $1 + (0.0007 \times ^\circ\text{F superheat})$  ( $K = 1$  for saturated steam)



## Cavitation Limitations on Valve Pressure Drop

A valve selected with too high a pressure drop can cause erosion of discs and/or wire drawing of the seat. In addition, cavitation can cause noise, damage to the valve trim (and possibly the body), and choke the flow through the valve.

Do not exceed the maximum differential pressure (pressure drop) for the valve selected.

The following formula can be used on higher temperature water systems, where cavitation could be a problem, to estimate the maximum allowable pressure drop across the valve:

$$P_m = 0.5 (P_1 - P_v)$$

Where:

$P_m$  = Maximum allowable pressure drop (psi)

$P_1$  = Absolute inlet pressure (psia)

$P_v$  = Absolute vapor pressure (psia) (refer to Table-6 or Table-7)

---

**Note:** Add 14.7 psi to gauge supply pressure to obtain absolute pressure value.

---

For example, if a valve is controlling 200°F water at an inlet pressure of 18 psig, the maximum pressure drop allowable would be:

$$P_m = 0.5 [(18 + 14.7) - 11.53] = 10.6 \text{ psi}$$

(Vapor pressure of 200°F water is 11.53 psia.)

If the pressure drop for this valve is less than 10.6 psi, cavitation should not be a problem.

Systems where cavitation is shown to be a problem can sometimes be redesigned to provide lower inlet velocities.

**Table-7 Vapor Pressure of Water Table.**

Water Temp. (°F)	Vapor Pressure (psia)	Water Temp. (°F)	Vapor Pressure (psia)	Water Temp. (°F)	Vapor Pressure (psia)	Water Temp. (°F)	Vapor Pressure (psia)
40	0.12	90	0.70	140	2.89	190	9.34
50	0.18	100	0.95	150	3.72	200	11.53
60	0.26	110	1.28	160	4.74	210	14.12
70	0.36	120	1.69	170	5.99	220	17.19
80	0.51	130	2.22	180	7.51	230	20.78

## Additional Valve Sizing Information

For additional valve sizing information, see:

- CA-28 Control Valve Sizing, F-13755
- Valve Sizing Slide Rule, TOOL-150

## INSTALLATION

### Inspection

Inspect the package for damage. If damaged, notify the appropriate carrier immediately. If undamaged, open the package and inspect the device for obvious damage. Return damaged products.

### Requirements

- Tools (not provided): Pipe wrenches
- Training: Installer must be a qualified, experienced technician
- Appropriate accessories

---

**Caution:**

- Install the valve with the flow in the direction of the flow arrow ("A" port is the inlet and "AB" port is the outlet).
  - Do not exceed the ratings of the device.
  - Avoid locations where excessive moisture, corrosive fumes, or vibration are present.
- 

### Mounting

1. The valve should be mounted in a weather-protected area in a location that is within the ambient limits of the actuator. When selecting a location, allow sufficient room for valve linkage, actuator, and other accessories and for service of the product.
2. The preferred mounting position for the valve is with the valve stem vertical above the valve body. Avoid mounting the valve so that the valve stem is below horizontal.
3. On steam applications where the ambient temperature approaches the limit of the actuator, the valve stem should be mounted 45° from vertical.
4. The valves must be piped with the "A" port as the inlet and the "AB" port as the outlet.

### Screwed Valve Bodies

The VBS-9263 series screwed valve bodies conform to American Standard Taper Pipe Threads (NPT).

1. Apply pipe dope sparingly to all but the last two threads of a properly threaded, reamed, and cleaned pipe. Make sure that pipe chips, scale, etc. do not get into the pipe since this material may lodge in the valve seat and prevent proper closing and opening of the valve.
2. Start the joint by hand screwing the pipe into the valve. If the thread engagement feels "right," turn the pipe by hand as far as it will go.
3. Use a pipe wrench to fully tighten the valve to the pipe. Do not over tighten or strip threads. See Table-8 and Figure-3 for the normal engagement length of the threads. Figure-4 shows a means of tightening the pipe so that the valve is not twisted or crushed.

**Table-8 Normal Thread Engagement Between Male Pipe Thread and Valve Body.**

Valve Size Inches (NPT)	Normal Engagement
1/2"	1/2"
3/4"	9/16"

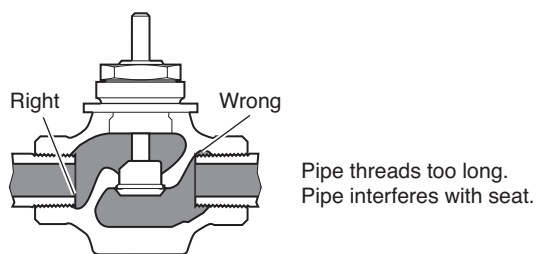


Figure-3 Normal Thread Engagement.

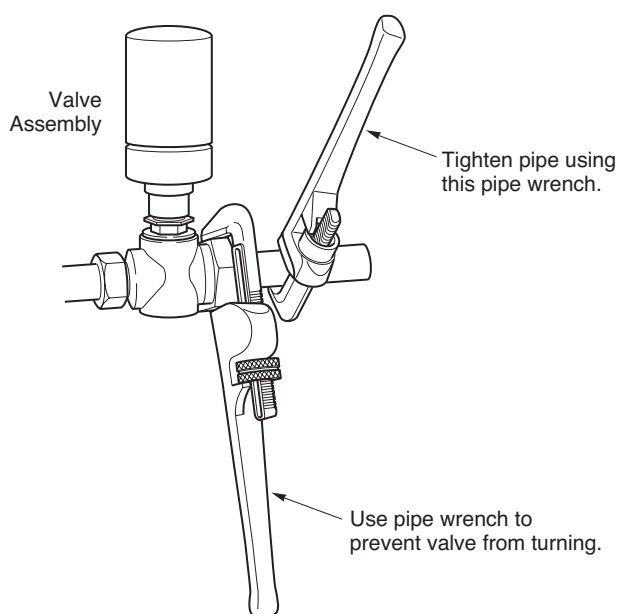


Figure-4 Installation of Screwed End Valves.

## CHECKOUT

1. Make sure the valve stem operates smoothly before installing the valve linkage and the actuator.
2. If the stem does not operate smoothly, it may indicate that the valve was twisted or crushed during installation or that the stem was bent by rough handling. These conditions may require that the valve be replaced.
3. After the piping is under pressure, check the valve body and the connections for leaks.
4. After the valve linkage and the actuator are installed, check their operation.

## MAINTENANCE & FIELD REPAIR

Regular maintenance of the total system is recommended to assure sustained performance. See Table-9 for maintenance kit part numbers.

**Table-9 Maintenance Kits for VBS-9263 Valves.**

Valve Body Part Number	Replacement Packing Assembly	Packing Wrench	Valve Repair Kit <sup>a</sup>
VBS-9263-0-6-01	YBA-622-316	TOOL-20-1	RYBS-9263-1
VBS-9263-0-6-02			RYBS-9263-2
VBS-9263-0-6-03			RYBS-9263-3
VBS-9263-0-6-04			RYBS-9263-4
VBS-9263-0-6-05			RYBS-9263-5
VBS-9263-0-6-06			RYBS-9263-6
VBS-9263-0-6-31			RYBS-9263-31
VBS-9263-0-6-33			RYBS-9263-33
VBS-9263-0-6-35			RYBS-9263-35
VBS-9263-0-6-36			RYBS-9263-36
VBS-9263-0-6-37			RYBS-9263-37
VBS-9263-0-6-38			RYBS-9263-38
VBS-9263-0-6-39			RYBS-9263-39
VBS-9263-0-6-45			RYBS-9263-45

<sup>a</sup> Kit includes replacement packing and stem & plug assembly.

## Water System Maintenance

All heating and cooling systems are susceptible to valve and system problems caused by improper water treatment and system storage procedures. These guidelines are provided to help avoid valve and water system problems resulting from improperly treated water or storage procedures in cooling and hot water systems, and to obtain maximum life from TAC valves.

Durability of valve stems and packings is dependent on maintaining non-damaging water conditions. Inadequate water treatment or filtration, not in accordance with chemical supplier/ASHRAE handbook recommendations, can result in corrosion, scale, and abrasive particle formation. Scale and particulates can result in stem and packing scratches and can adversely affect packing life and other parts of the hydronic system.

To maintain non-damaging conditions, follow these guidelines:

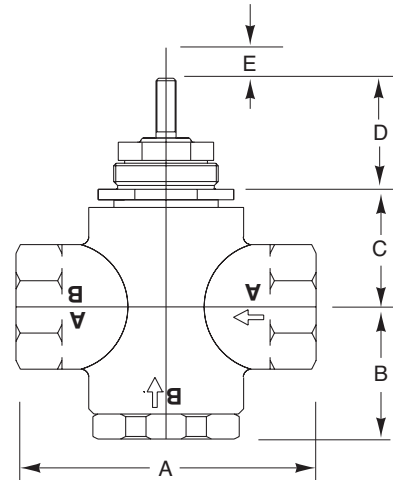
- Clean the system prior to start up. Use a nitrite or molybdate-based treatment program.
- Use filtration equipment where needed.
- Properly store off-line systems and monitor water treatment results using corrosion test coupons.
- Follow the advice of a water treatment professional.
- Consult **EN-205, Water System Guidelines Engineering Information, F-26080**, for further details.

## DIMENSIONAL DATA

**Table-10 Dimensions for VBS-9263 Series Valves (Figure-5).**

Part Number	Valve Size	Dimensions in Inches (mm)				
		A	B	C	D (Stem Down)	E <sup>a</sup> (Stroke)
<b>VBS-9263-0-6-P</b>	1/2"	3 (76)	1-27/64 (36)	1-1/16 (27)	25/32 (20)	1/2 (13)
	3/4"	3-19/32 (91)	1-37/64 (40)	1-13/32 (36)		

<sup>a</sup> Add up to 1/16 in. (1.6 mm) for disc seating and compression.



**Figure-5 Typical of VBS-9263-0-6-P Valve Bodies.**

---

Copyright 2006, TAC  
All brand names, trademarks and registered  
trademarks are the property of their respective  
owners. Information contained within this  
document is subject to change without notice.

F-26418-1



**TAC**  
1354 Clifford Avenue  
P.O. Box 2940  
Loves Park, IL 61132-2940

[www.tac.com](http://www.tac.com)





TAC  
1354 Clifford Avenue  
P. O. Box 2940  
Loves Park, IL 61132-2940  
www.tac.com

# **MA51-710x Two Position Series MF51-7103 Floating Series MS51-7103 Proportional Series**

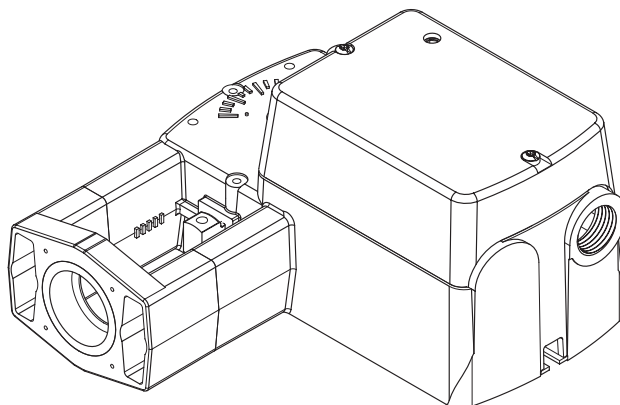
**TAC DuraDrive™ Linear Series  
Spring Return Actuator  
General Instructions**

## **Application**

TAC DuraDrive Linear Actuators are designed to mount directly onto two-way or three-way globe valves without the use of linkages. They provide linear travel to operate valves from 1/2" to 2" VB-7xxx and discontinued 1/2" to 1-1/4" VB-9xxx in chilled water, hot water and steam applications up to 366 °F (186 °C). Linear spring return actuators provide either two position, floating or proportional modulation control (depending on model selection) of valves in HVAC systems.

## **Features**

- Two position models controlled by SPST controller
- Floating models controlled by SPDT floating controllers
- Proportional models controlled by 0-3 Vdc, 6-9 Vdc, 0-10 Vdc, 0-20 mAdc, 2-10 Vdc, or 4-20 mAdc. Control function direct/reverse action is jumper selectable
- 105 lb force (467 newton) with 1/2" (13 mm) nominal linear stroke
- 24 Vac, 120 Vac, and 230 Vac models
- Rugged polymer housings rated for up to NEMA 2/IP54
- Overload protection throughout stroke
- Automatically sets input span to match valve travel
- Compact size to allow installation in limited space
- Manual override to allow positioning of valve and preload
- Spring return operation
- Direct mount to valves without separate linkage
- Polymer housing rated for plenum use
- Five year warranty



**Mx51-710x**



## Applicable Literature

F-Number	Description	Audience	Purpose
F-26080	EN-205 Water System Guidelines	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Application Engineers</li> <li>– Installers</li> <li>– Service Personnel</li> <li>– Start-up Technicians</li> </ul>	Describes TAC approved water treatment practices.
F-27252	Vx-7xxx-8xx Series Vx-7xxx-59x Series Vx-9xxx-8xx Series Vx-9xxx-59x Series Selection Guide	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sales Personnel</li> <li>– Application Engineers</li> <li>– Installers</li> <li>– Service Personnel</li> <li>– Start-up Technicians</li> </ul>	Provides Mxx1-720x and Mx51-710x actuator, valve, and valve assembly selection data including specifications, close-off pressures, and dimensional information.
F-26895	AM-703 Input Scaling Module, AM-704 Pulse Width Modulation Interface, AM-705 Positioner, AM-706 Positioner, AM-708 Resistor	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Installers</li> <li>– Service Personnel</li> <li>– Start-up Technicians</li> </ul>	Provides step-by-step mounting instructions
F-27175	AM-756 Metric Conduit Adapter, AM-763 Hexcrank, AM-770 Replacement Valve Linkage Parts Kit		Provides step-by-step mounting instructions
F-27382	TAC Electric/Electronic Products Catalog	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sales Personnel</li> <li>– Application Engineers</li> </ul>	Comprehensive catalog containing TAC's electric/electronic actuators, thermostats, controllers, sensors, transmitters, and accessories

## SPECIFICATIONS

### Actuator Inputs

**Control Signal:** See Table-1 for actuator models and control type.

**Power Input:** See Table-1. All 24 Vac circuits are Class 2. All circuits 30 VAC and above are Class 1.

**Connections:** 3 ft (91 cm) appliance wire or plenum cables, enclosure accepts 1/2" (13 mm) conduit connectors. For M20 Metric connector, use AM-756 adaptor.

### Actuator Outputs

#### Electrical:

##### Position Feedback Voltage (proportional or floating only),

For voltage ranges, the feedback signal is the same range as the input signal. The 4-20 mAdc current range and floating actuators have a 2-10 Vdc position feedback signal. The position feedback signal can supply up to 0.5 mAdc to operate up to four additional slave actuators.

#### Mechanical:

**Linear Stroke,** 1/2" (13 mm) nominal.

**Approx. Stroke Timing,** See Table-1.

**Manual Override,** Allows positioning of valve and preload using manual crank.

**Right/Left Jumper,** Permits reverse acting/direct acting linear motion (MS51 only).

#### Environment:

**Ambient Temperature Limits,**

**Shipping & Storage,** -40 to 160 °F (-40 to 71 °C).

**Operating,** -22 to 140 °F (-30 to 60 °C).

**Temperature Restrictions,** For maximum ambient 140 °F (60 °C) the maximum allowable fluid temperature should not exceed valve rating. See F-27252 Selection Guide for specific ratings.

**Humidity:** 5 to 95% RH, non-condensing.

#### Location:

NEMA 1. NEMA 2 (enclosure is air plenum rated), UL Type 2 (IEC IP54) with customer supplied water tight conduit connectors.

### Agency Listings

**UL 873:** Underwriters Laboratories (File #E9429 Category Temperature-Indicating and Regulating Equipment).

**CUL:** UL Listed for use in Canada by Underwriters Laboratories. Canadian Standards C22.2 No. 24-93.

**European Community:** EMC Directive (89/336/EEC). Low Voltage Directive (72/23/EEC).

**Australia:** This product meets requirements to bear the C-Tick Mark according to the terms specified by the Communications Authority under the Radio Communications Act 1992.



*Note:* All performance specifications are nominal and conform to acceptable industry standards. For applications at conditions beyond these specifications, consult TAC. TAC shall not be liable for damages resulting from misapplication or misuse of its products.

**Table-1 Specifications.**

Part Number	Control Signal	Actuator Power Input						Approximate Stroke Timing in Seconds @ 70F (21°C) <sup>a</sup>	
		Voltage	Wiring System	Running		DC Amps	Holding	Powered	Spring Return
				50/60 Hz			50/60 Hz		
				VA	W	W			
MA51-7103-000	Two Position SPST	24Vac ±20% 20-30 Vdc	Appliance Wire	5.3	4.1	0.15	1.2	44	19
MA51-7103-100			Plenum Cable	5.3	4.1	0.15	1.2		
MA51-7100-000		120 Vac ±10% 50/60 Hz	Appliance Wire	7.9	6.2	n/a	2.1		
MA51-7101-000		230 Vac ±10% 50/60 Hz	Appliance Wire	7.4	5.4	n/a	2.1		
MF51-7103-000	Floating	24Vac ±20% 20-30 Vdc	Appliance Wire	6.9	4.7	0.16	2.1	60	16
MF51-7103-100			Plenum Cable	6.9	4.7	0.16	2.1		
MS51-7103-000 <sup>b</sup>	2-10 Vdc Proportional <sup>c</sup>		Appliance Wire	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-100 <sup>b</sup>			Plenum Cable	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-020 <sup>b</sup>	0-3 Vdc Proportional		Appliance Wire	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-120 <sup>b</sup>			Plenum Cable	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-030 <sup>b</sup>	6-9 Vdc Proportional		Appliance Wire	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-130 <sup>b</sup>			Plenum Cable	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-040 <sup>b d</sup>			Appliance Wire	7.8	4.9	0.16	3.4		
MS51-7103-140 <sup>b d</sup>			Plenum Cable	7.8	4.9	0.16	3.4		
MS51-7103-050 <sup>b</sup>	0-10 Vdc Proportional		Appliance Wire	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-150 <sup>b</sup>			Plenum Cable	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-060 <sup>b</sup>	4-20 mAdc		Appliance Wire	6.6	4.2	0.14	1.5		
MS51-7103-160 <sup>b</sup>			Plenum Cable	6.6	4.2	0.14	1.5		

<sup>a</sup> Timing was measured with the actuator mounted on a VB-7xxx Series valve.

<sup>b</sup> Proportional (MS) models shipped with RA/DA jumper set for DA (actuator extends with increasing signal).

<sup>c</sup> 4-20 mAdc with AM-708 500 ohm field-installed resistor.

<sup>d</sup> Has 20 Vdc power supply for System 8000 applications.

**Globe Valve Close-Off Pressures:** For close-off pressure ratings on globe valve assemblies, consult Linked Globe Valve Assemblies with TAC DuraDrive Linear Series Actuators Selection Guide F-27252.

#### ACCESSORIES

AM-756	Metric Conduit Adapter M20 x 1.5 to 1/2" NPT
AM-770	Replacement valve linkage parts kit
AM-764	Linkage kit for damper applications

#### MS51-7103

AM-703	Input rescaling module, adjust signals to 2-10 Vac, zero and span adjust
AM-704	Interface, pulse width modulation (PWM)
AM-705	Positioner (NEMA 4 housing)
AM-706	Min and/or manual positioner for flush panel mount
AM-708	500 ohm resistor for 4 to 20 mA control signal

TYPICAL TWO POSITION CONTROL (wiring diagrams)

Figure-1 illustrates typical wiring diagrams for spring return **two-position MA51-710x** actuators. See Table-1 for model selection. See 8 for wiring diagrams notes guide.

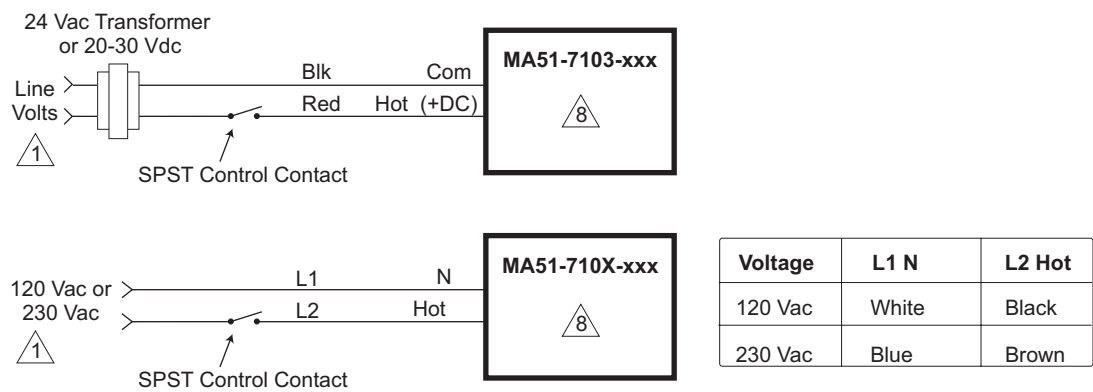


Figure-1 Typical Wiring Diagrams for Two Position Actuators

TYPICAL FLOATING CONTROL (wiring diagrams)

Figure-2 through Figure-5 illustrates typical wiring diagrams for spring return **floating MF51-7103** actuators. See Table-1 for model selection. See 8 for wiring diagrams notes guide.

**Caution:** This product contains a half-wave rectifier power supply and must not be powered off transformers used to power other devices utilizing non-isolated full-wave rectifier power supplies. Refer to *EN-206, Guidelines for Power Multiple Devices from a Common Transformer, F-26363* for detailed information.

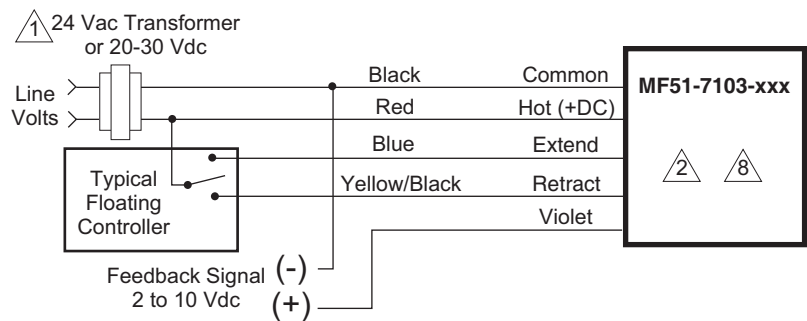


Figure-2 Floating Point Control

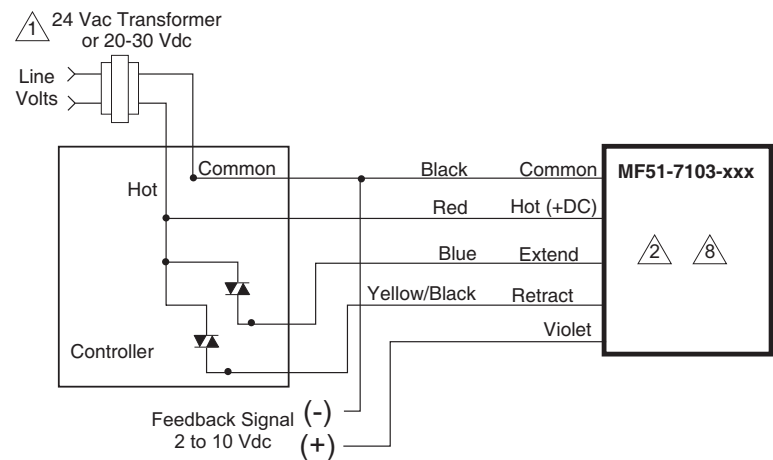


Figure-3 Triac Source

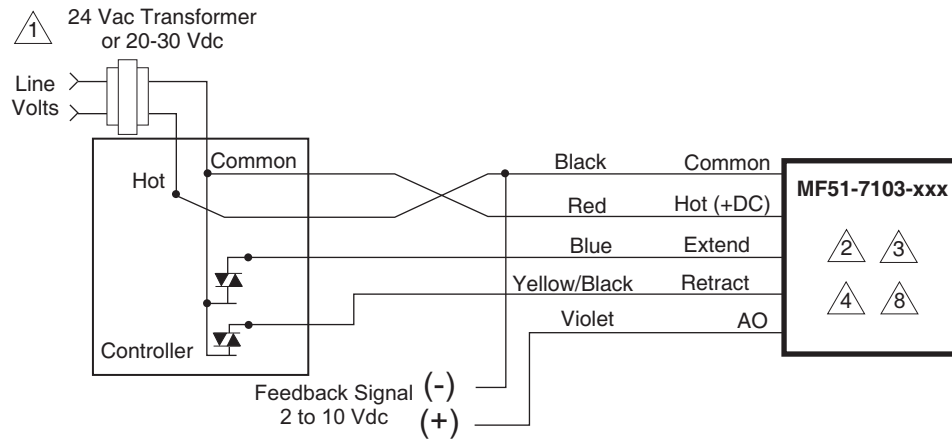


Figure-4 Triac Sink

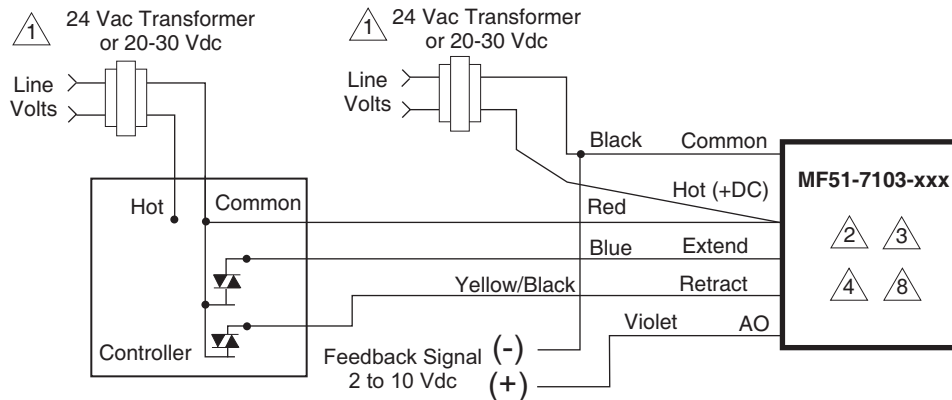


Figure-5 Triac Sink With Separate Transformers

## TYPICAL PROPORTIONAL CONTROL (wiring diagrams)

Figure-6 illustrates typical wiring diagrams for spring return **proportional MS51-7103** actuators. See Table-1 for model selection. See 8 for wiring diagrams notes guide.

**Caution:** This product contains a half-wave rectifier power supply and must not be powered off transformers used to power other devices utilizing non-isolated full-wave rectifier power supplies. Refer to *EN-206, Guidelines for Powering Multiple Devices from a Common Transformer*, F-26363 for detailed information.

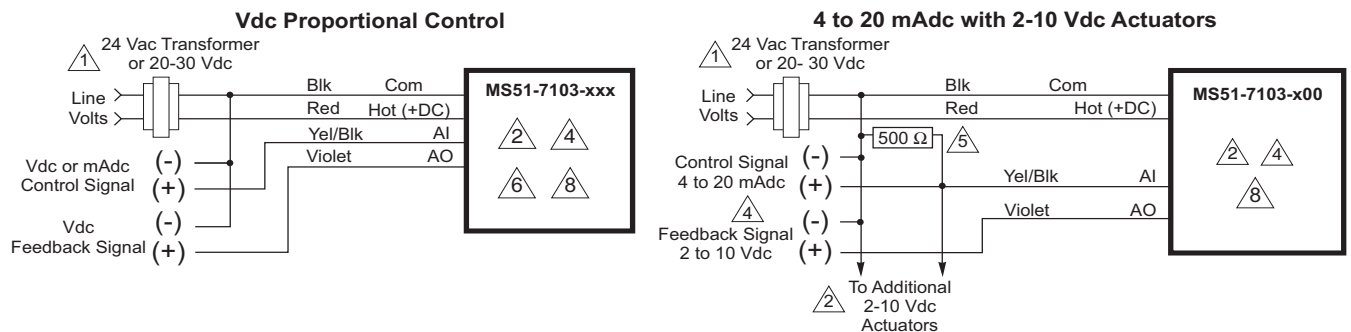


Figure-6 Typical Wiring Diagrams for Proportional Control 24 Vac Basic Models

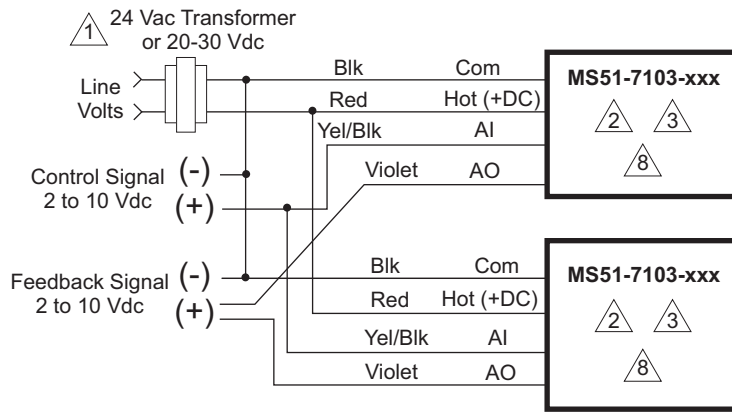


Figure-7a Typical Wiring Diagrams for Proportional Control 24 Vac Models Wired in Parallel

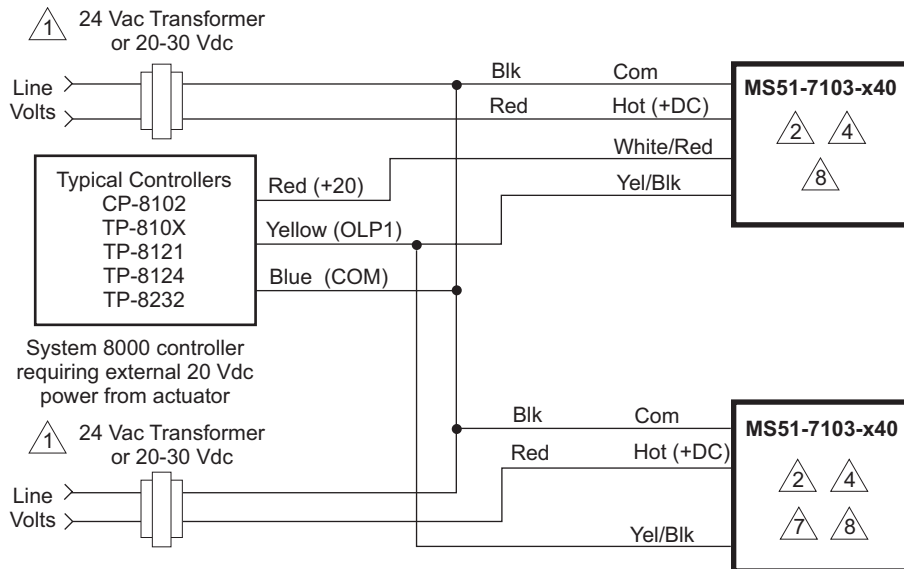


Figure-7b Typical Control Wiring for Two MS51-7103-x40 to System 8000 Controllers Requiring External 20 Vdc Power from Actuator

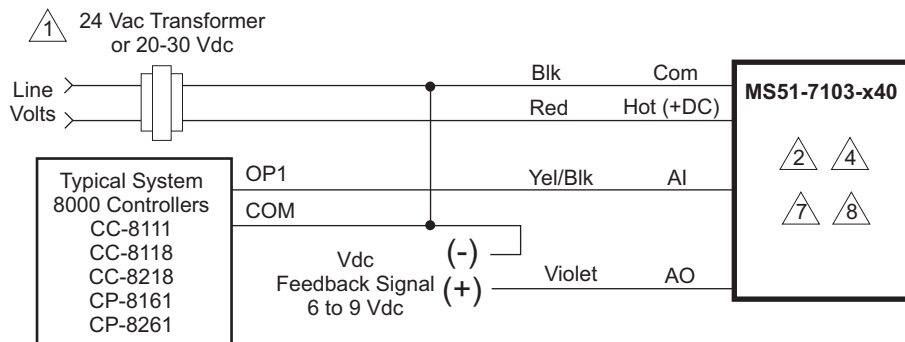


Figure-7c Typical Control Wiring for MS51-7103-x40 to Controllers not Requiring External 20 Vdc Power from Actuator

- 1 Provide overload protection and disconnect as required.
- 2 Actuators may be wired (120V mA does not have red wire and 230V mA does not have red or black wires) in parallel. All actuator black wires are connected to the transformer common and all red wires are connected to the hot lead. Power consumption must be observed.
- 3 The Common connection from the actuator must be connected to the Hot connection of the controller. The actuator Hot must be connected to the controller Common.
- 4 If the controller uses a full-wave power supply and does not provide isolated outputs, a separate transformer is required.
- 5 A field-supplied 500 ohm resistor (AM-708) is required for this application.
- 6 On MS51-7103-X60 (4-20 mAdc) models a 500 ohm resistor is incorporated in the product. Do not use an external resistor.
- 7 If using multiple MS51-7103-040's with TAC System 8000 controller requiring 20 Vdc power; tape off red +20 Vdc power supply leads on all but one actuator.
- 8 Cable on some models contains more wires than are used in applications. Only those wires actually used are shown.

Figure-8 Wire Diagram Notes Guide

## INSTALLATION

### Inspection

Inspect the package for damage. If damaged, notify the appropriate carrier immediately. If undamaged, open the package and inspect the device for obvious damage. Return damaged products.

### Requirements

- Job wiring diagrams
- Appropriate accessories
- Pliers for removing and inserting connecting pin
- Installer must be a qualified, experienced technician
- TOOL-37, 1 5/8" open end wrench for valve mounting nut
- 5/16" and 7/16" open-end wrench for stem jam nuts and stem extension
- #8 Torx screwdriver (not provided)

### Precautions



#### General

##### Warning:

- Electrical shock hazard! Disconnect the power supply (line power) before installation to prevent electric shock and equipment damage.
- Make all connections in accordance with the job wiring diagram and in accordance with national and local electrical codes. *Use copper conductors only.*
- Floating and Proportional Models: These products contain a half-wave rectifier power supply. They must not be powered with transformers that are used to power other devices utilizing non-isolated full-wave rectifier power supplies. Refer to EN-206, Guidelines For Powering Devices From A Common Transformer, F-26363 for detailed information.

##### Caution:

- Avoid electrical noise interference. Do not install near large contactors, electrical machinery, or welding equipment.
- Manual override to be used only when power is not applied to unit.
- When operating manual override (observe position indicator), back off 5° from full extended mechanical stop to ensure proper release.
- Use with fluid temperatures above 100°C requires insulation on the pipe and control valve.

#### Federal Communications Commission (FCC)

**Note:** This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to Part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in residential installations. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and may cause

harmful interference if not installed and used in accordance with the instructions. Even when instructions are followed, there is no guarantee that interference will not occur in a particular setting—Which can be determined by turning the equipment off and on—the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
  - Increase the separation between the equipment and receiver.
  - Connect the equipment to an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
  - Consult the dealer or an experienced radio/television technician for help.
- 

### **Canadian Department of Communications (DOC)**

---

*Note:* This Class B digital apparatus meets all requirements of the Canadian Interference-Causing Equipment Regulations.

Cet appareil numérique de la classe B respecte toutes les exigences du Règlement sur le matériel brouilleur du Canada.

---

### **European Standard EN 55022**

---

**Warning:** This is a Class B digital (European Classification) product. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

---

## **Location**

**Caution:** Avoid locations where excessive moisture, corrosive fumes, vibration, or explosive vapors are present.

---

## **Mounting**

- Mount the linear actuator directly on the valve in locations that clear the maximum dimensions of the actuator case (see Figure-12).
- Ensure that the valve body is installed correctly. The arrow must point in the direction of flow. With three-way valves observe stem position (stem up or stem down) for proper flow characteristics. See Table 3.
- It is preferable that the actuator is mounted above the valve body. This will minimize the risk of damage to the actuator in the event of condensation or a valve leak. Refer to Figure-10.

### **Changing Control Function (proportional units only)**

These actuators are equipped with a jumper to control the function of the signal as received. See Figure-9. Factory setting is for direct acting. Remove cover to change jumper setting.

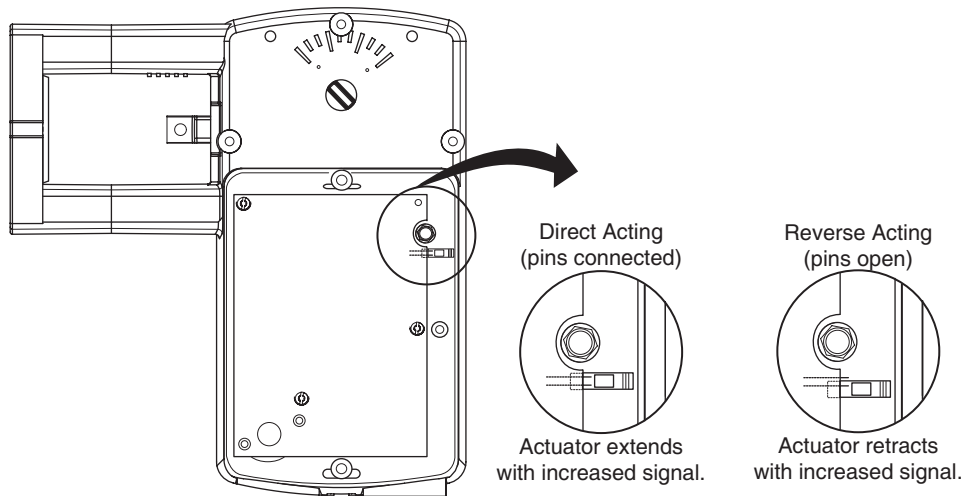


Figure-9 RA/DA Jumper Setting for Proportional Models

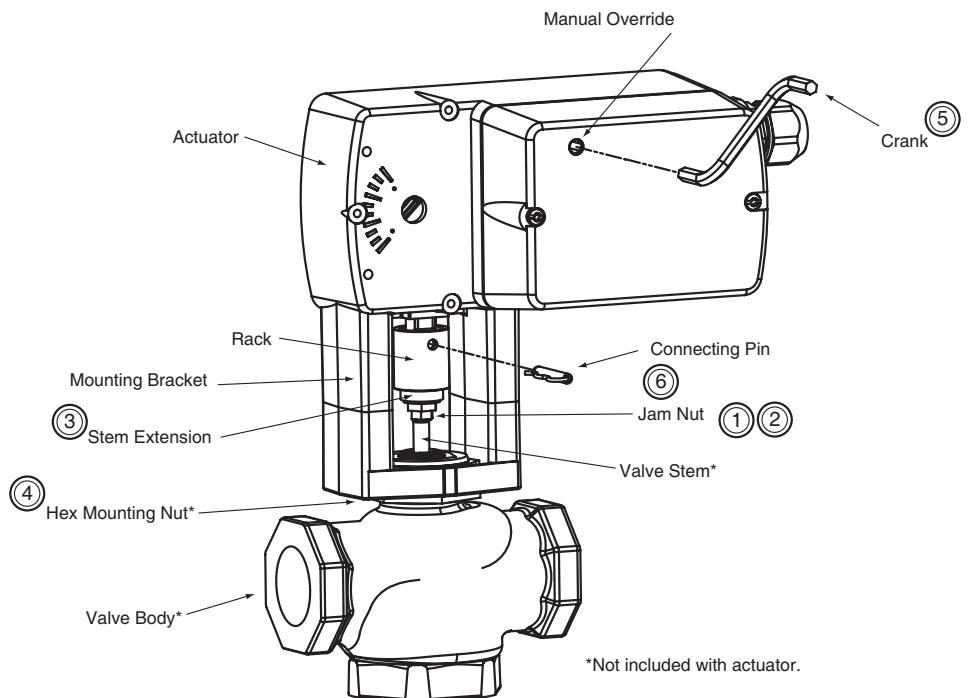


Figure-10 Mx51-710x Series Actuator Exploded View

**Installation: Mx51-710x Series Actuator to 1/2" to 2" VB-7xxx Series Valve Bodies, 2-Way Stem-Up Closed and 3-Way Mixing or Diverting Applications**

- A. Preload the valve to insure proper close-off according to the numbered steps in Figure-10 and the text below. (Remove power before proceeding.)
1. Locate the steel jam nut that came packaged with the actuator. (Do not re-use the brass jam nut present on an existing valve.)
  2. Screw the nut onto the valve stem all the way as far as it will go (you may need to use a TOOL-20-1 or a 5/16" open-end wrench). At least 1/2" of the valve stem should extend above the nut.
  3. Thread the stem extension onto the valve stem, making contact with the jam nut. Raise the valve stem to the full up position.

4. Orient the actuator mounting bracket on the valve and tighten the hex mounting nut securely against the bracket using TOOL-37.
  5. Insert the crank provided in the actuator cover. Wind the crank two turns counterclockwise. Press in the turn crank 1/8 turn counterclockwise to lock in position.
  6. Rotate the stem extension until the through holes in the stem extension and rack line up. Insert connecting pin to secure stem extension and tighten jam nut against stem extension using TOOL-20-1 or a 5/16" open end wrench.
- B. Apply power to the actuator and check the system operation for heating or cooling output in response to the control signal.

### **Installation: Mx51-710x Series Actuator to 1/2" to 2" VB-7xxx Series Valve Bodies, 2-Way Stem-Up Open**

- A. Preload the valve to insure proper close-off according to the numbered steps to 10 and the text below. (Remove power before proceeding.)
1. Locate the steel jam nut that came packaged with the actuator. (Do not re-use the brass jam nut present on an existing valve.)
  2. Screw the nut onto the valve stem all the way as far as it will go (you may need to use a TOOL-20-1 or a 5/16" open-end wrench). At least 1/2" of the valve stem should extend above the nut.
  3. Thread the stem extension onto the valve stem, making contact with the jam nut. Push the valve stem to the full down position.
  4. Orient the actuator mounting bracket on the valve and tighten the hex mounting nut securely against the bracket using TOOL-37.
  5. Insert the crank provided in the actuator cover. Wind the crank counterclockwise until the actuator fully extends, then unwind 2 turns and press in and turn crank 1/8 turn counterclockwise to lock in position.
  6. Rotate the stem extension until the through holes in the stem extension and rack lineup. Insert connecting pin to secure stem extension and tighten jam nut against stem extension using TOOL-20-1 or a 5/16" open end wrench.
- B. Apply power to the actuator and check the system operation for heating or cooling output in response to the control signal.

## **Valve Mounting**

The valve should be mounted in a weather-protected area, in a location that is within the ambient temperature limits of the actuator. The installation of the actuator assembly should provide clearance on all sides to allow for any maintenance that may be needed (see Figure-10 and Figure-11).

1. Following general piping practices is recommended.
2. Apply pipe sealant sparingly to all but the last two threads of a properly threaded, reamed, and cleaned pipe. Make sure the pipe chips, scale, etc. do not get into the pipe since this material may lodge in the valve seat and prevent proper closing and opening of the valve. The valve must be piped with an inlet and an outlet.
3. Start the joint hand-threading the pipe into the valve. If the thread alignment feels normal, continue to turn the pipe by hand as far as it will go.
4. Use a pipe wrench to fully tighten the pipe to the valve.

---

**Caution:** Do not over-tighten the pipe, which may cause stripped threads. Avoid twisting or crushing the valve while tightening the pipe.

---

5. Insulate only the valve body and associated piping, not the actuator.
6. In chilled or cold water systems where the environment is humid, use a drip pan under the valve to catch condensate.

---

**Caution:** The TAC DuraDrive linear actuator is designed to effectively support its own weight. No load or weight should be resting on the actuator, long term damage may occur to the actuator, mounting connection or the valve.

- Do not insulate the actuator/linkage. Doing so will result in excess heat buildup within the actuator.



- For non-steam application the globe valve assembly must be mounted so that the actuator is at least 5° above the horizontal (Figure-11) to ensure that any condensate that forms will not travel into the mounting bracket or actuator.
- On steam applications, the globe valve assembly must be mounted approximately 45° from horizontal.
- Temperature Restrictions: For maximum ambient 140 °F (60 °C) the maximum allowable fluid temperature should not exceed valve rating. See F-27252 Selection Guide for specific ratings.

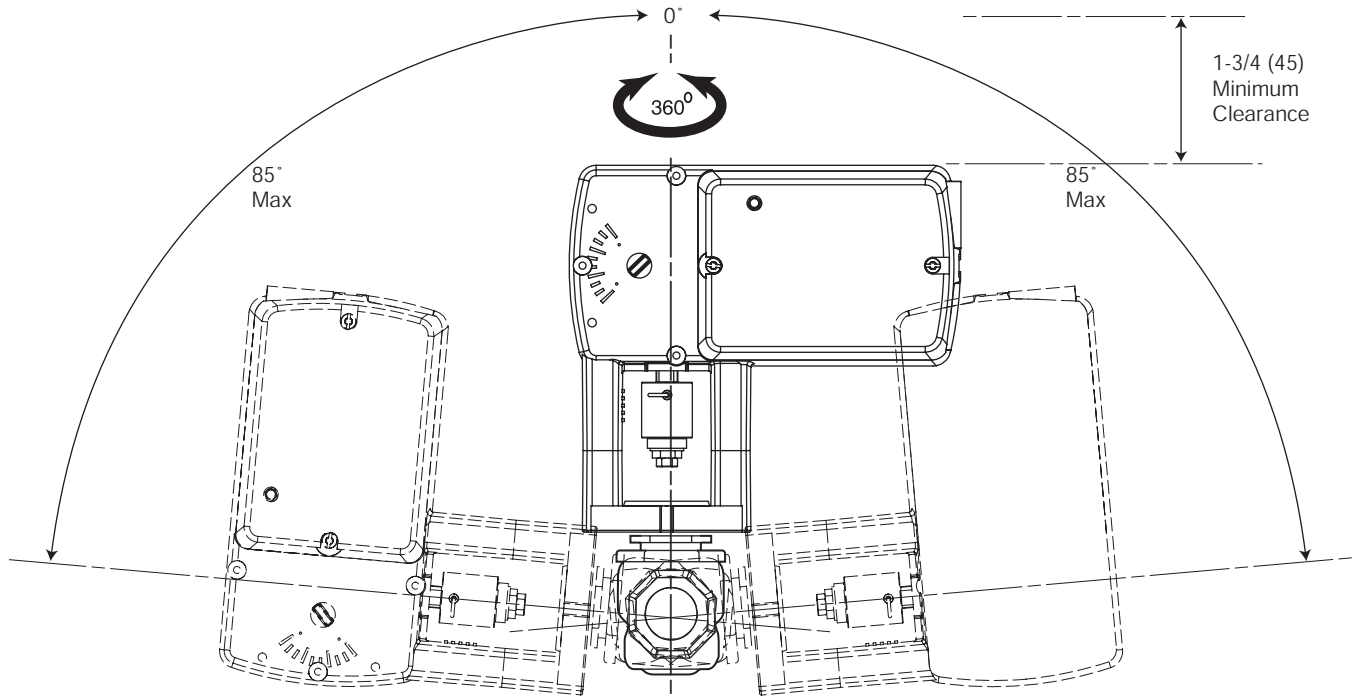


Figure-11 Acceptable Mounting Orientations for Non-Steam Applications

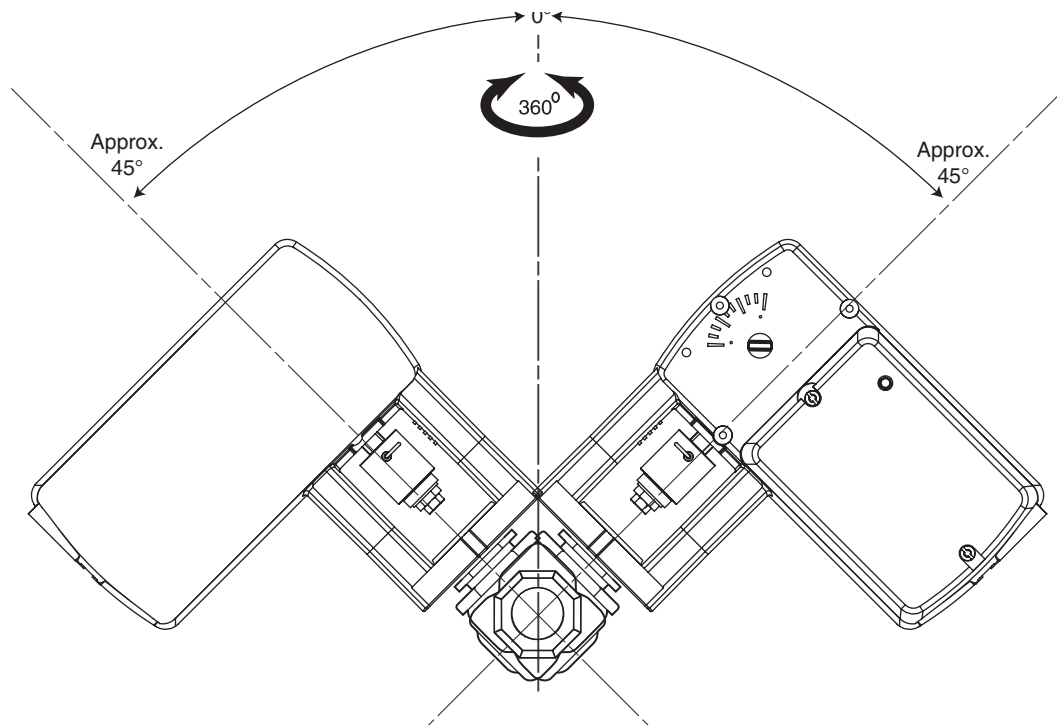


Figure-12 Acceptable Mounting Orientation for Steam Applications

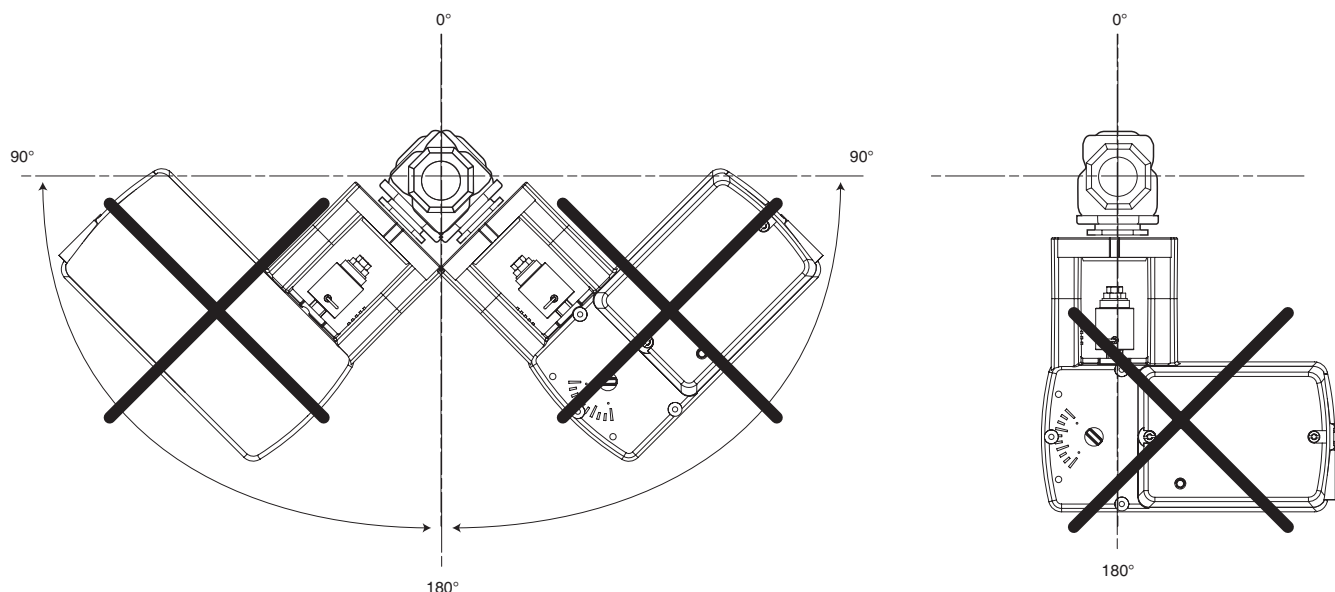


Figure-13 Unacceptable Mounting Orientation

## MANUAL OVERRIDE OPERATION

When necessary, the actuator's output shaft can be repositioned using the manual override mechanism as follows:

1. Disconnect power from the actuator. The actuator will fully retract.
2. Without pushing down on the crank, crank the manual override counterclockwise until the actuator extends to the desired position. Push in until the mechanism locks in position. (The manual override lock will release the next time power is applied.)
3. If you desire to reposition the actuator manually from a locked position, turn the crank 1/8 turn counterclockwise and pull out to release. Adjust position as desired.

### Caution:

- Only use manual override when the actuator drive motor is not powered.
- Engaging the manual override when the actuator is powered may cause damage to the gears.
- Using power tools to adjust the override will cause damage to the gears.

## Wiring Requirements

### Control Leads

See Table-2 for power wiring data. Refer to Figure-1 through Figure-7 for typical wiring.

Table-2 Power Wiring

Actuator Voltage	Part Number	Maximum Wire Run in ft. (m)					
		12 AWG	14 AWG	16 AWG	18 AWG	20 AWG	22 AWG
24 Vac 20-30 Vdc	MA51-7103	1678 (512)	1055 (322)	664 (202)	417 (127)	263 (80)	208 (63)
	MF51-7103	1289 (393)	810 (247)	510 (155)	321 (98)	202 (61)	160 (49)
	MS51-7103	1140 (348)	717 (219)	451 (137)	284 (86)	178 (54)	141 (43)

## CHECKOUT

After the entire system has been installed and the actuator has been powered up, the following check can be made for proper system operation. Check for correct operation of the valve while actuator is being stroked.

1. Apply power to the actuator. Actuator and valve should be driven to their powered position

as determined by the control signal. Refer to Table-3 for valve flow.

2. Break power to the actuator. Actuator and valve should return to the spring return position (retracted position).

**Table-3 Assembly Configuration Chart**

Valve Body	Valve Body Action	Normal Position		Action <sup>a</sup>
		Valve Stem	Flow	
VB-721x VB-921x <sup>b</sup>	Two-Way Stem Up Open	Up	Open	A to AB flow decreases as actuator extends
VB-722x VB-922x <sup>b</sup>	Two-Way Stem Up Closed	Up	Closed	A to AB flow increases as actuator extends
VB-731x VB-931x <sup>b</sup>	Three-Way Mixing	Up	B to AB	A to AB flow increases as actuator extends B to AB flow decreases as actuator extends
VB-732x VB-932x <sup>b</sup>	Three-Way Diverting	Up	B to AB	B to A flow increases as actuator extends B to AB flow decreases as actuator extends

<sup>a</sup> Proportional models shipped with RA/DA jumper set for DA (actuator extends with increasing signal).

<sup>b</sup> Discontinued 1/2" to 1-1/4" VB-9xxx.

*Note:* Check that the transformer(s) are sized properly.

- If a common transformer is used with multiple actuators, make sure that polarity is observed on the secondary. This means connecting all black wires to one leg of the transformer and all red wires to the other leg of the transformer.
- If multiple transformers are used with one control signal, make sure all black wires are tied together and tied to control signal negative (-).
- If the controller uses a full-wave power supply and does not provide isolated outputs, a separate transformer is required.

## THEORY OF OPERATION

The MA, MF and MS series actuators are directly mounted onto the valve without the use of a separate linkage. They are equipped with true mechanical spring return operation for reliable, positive close-off on valves. When power is applied, the actuator moves to its powered position, at the same time tensing the spring return safety mechanism. When the power is removed, the spring returns the actuator to its normal position (retracted position). The spring return system provides consistent close-off force to the valve.

MA series two-position actuators use a DC motor controlled by on board electronics. When the actuator encounters a stall or end of travel position, the motor current is automatically reduced, preventing damage to the actuator or motor.

MF or MS series floating or proportional actuators use a DC motor which is controlled by a microprocessor. The microprocessor supplies the intelligence to provide a constant speed and to know the actuator's exact position. The microprocessor monitors and controls the DC motor's rotation and provides a digital rotation sensing function to prevent damage to the actuator in a stall condition.

All actuators may be stalled anywhere in their normal rotation without the need of a mechanical end switch.

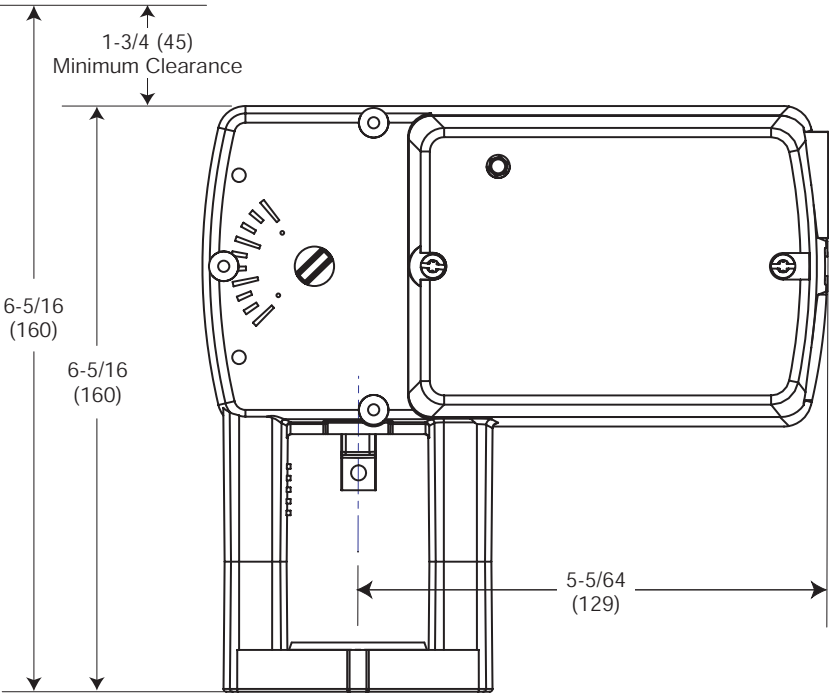
## MAINTENANCE

Regular maintenance of the total system is recommended to assure sustained optimum performance. The Linear series actuators are maintenance free.

## FIELD REPAIR

None. Replace with a functional actuator.

DIMENSIONAL DATA



Dimensions shown  
are in inches (mm).

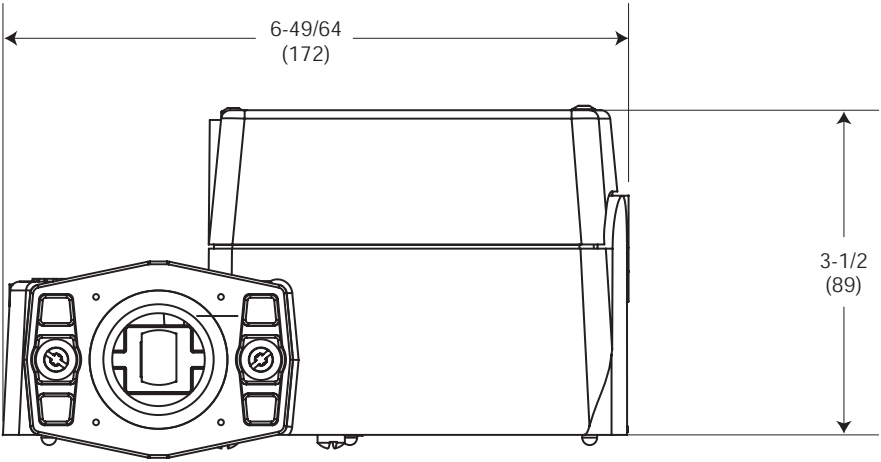


Figure-14 Mx51-710x Spring Return Valve Actuator Dimensions



---

Copyright 2007, TAC

All brand names, trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Information contained within this document is subject to change without notice.

F-27169-5

**TAC**

1354 Clifford Avenue  
P.O. Box 2940  
Loves Park, IL 61132-2940



[www.tac.com](http://www.tac.com)





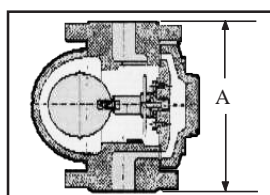
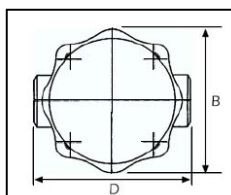
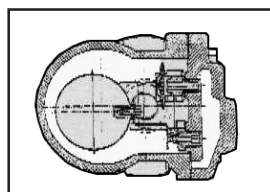
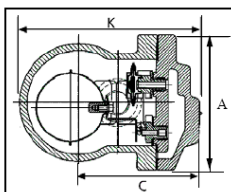
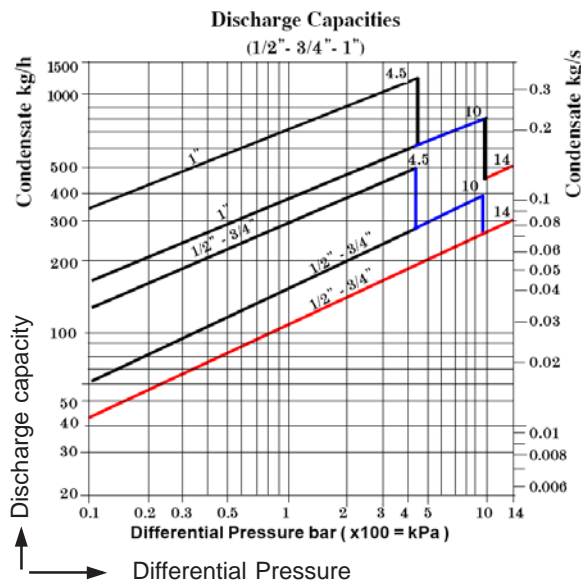
# AYVAZ

## Float Trap with Thermostatic Air Vent



### Typical Applications

Pharmaceutical industry / Chemical industry /  
Food industry / Heat Exchangers / Heating  
Batteries / Tanks / Pans / Drying Cylinders /  
Ovens



### DIMENSIONS

Size	A	K	B	C	D
15	150	150	108	68	122
20	150	150	108	68	122
25	160	167	108	107	145

### SK 61

### FLOAT TRAP

(Completely Stainless Steel  
with Thermostatic Air Vent)

#### Main Features

A Float through a simple lever mechanism opens or closes the valve according to the condensate level inside the trap. The opening is proportional with condensate rate. It is unaffected by instantaneous pressure changings. These types of steam traps specially used where prompt and continuous discharge of condensate is necessary. For such cases float traps are the ideal traps as well automatically control systems to prove adequate heat transfer.

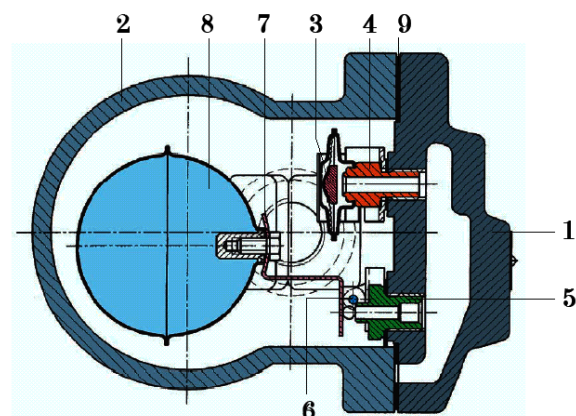
#### Installation

Cover part can be arranged according to horizontal or vertical installation type.

OPERATING CONDITIONS			Cast Iron Body
Max.Allowable Pressure PMA (bar)			25
Max.Allowable Temperature TMA ( C)			300
Max.Operating Pressure PMO (bar)			25
Max.Differential Pressure PMD (bar)			4.5-10-14
Max.Operating Temperature TMO ( C)			250
WEIGHTS			
Connections	Flanged	Screwed	Butt weld
Sizes mm	15 - 20 - 25	1/2"-3/4"-1"	
Weights kg	5.5-5.5-6.85	4.10-4.10-4.65	

#### CONNECTIONS

Screwed	NPT acc. to ANSI B1 20.1 BSP acc. to BS 21	
Flanged	DIN 2533	
Sizes	mm	inches
	15 - 20 - 25	1/2" - 3/4" - 1"



#### SPARE PARTS

1 Body	Stainless Steel AISI 316
2 Cover	Stainless Steel AISI 316
3 Thermostatic Capsule	Stainless Steel
4 Air Vent Seat	Stainless Steel
5 Float Lever	Stainless Steel
6 Main Valve (ball)	Stainless Steel
7 Float Lever	Stainless Steel
8 Float	Stainless Steel



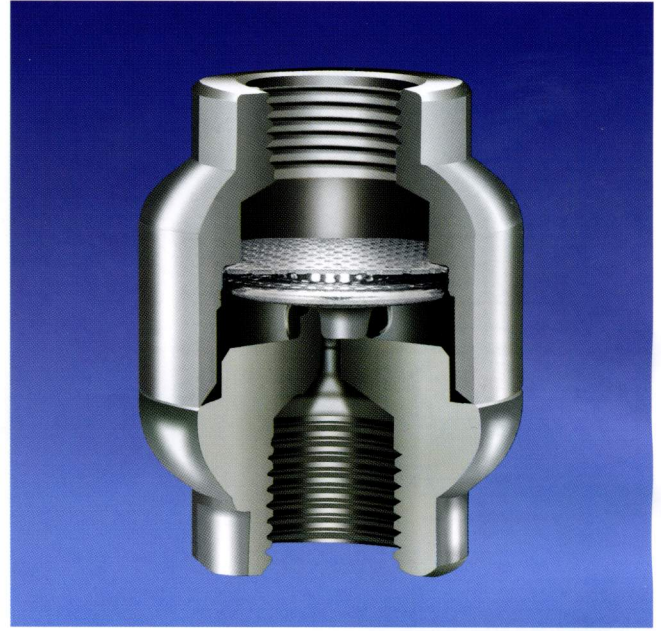
# TKK 41

## TERMOSTATİK KONDENSTOP THERMOSTATIC STEAM TRAP

### Özellikler / Main Features

Özellikle şeker endüstrisinde amonyak atıcı olarak son derece korozif ortamlar için en ideal kondensstopdur. Termostatik eleman ile buhar doyma eğrisi sabit bir farkla takip edilerek buhar hattından kondens ve yoğuşmayan gazların tahliyesi sağlanır. Koç darbesinden etkilenmez. **TKK 41** tipinde temizleme işlemi gövde kaynak tipli olduğundan mümkün değildir. Gövde, kapak ve süzgeç dahil komple paslanmazdır. Tüm **AYVAZ** termostatik kondensstoplarında olduğu gibi **TKK 41** de talebe bağlı olarak 3 farklı kapsülden birini uygulama şartlarına bağlı kalmak kaydıyla içerir. Standart üretimlerde "S" tipi kapsül bulunmaktadır. Tahliye işlemini sürekli bir şekilde gerçekleştirir. Özellikle kimya endüstrisi için ideal kondensstopdur.

Especially for sugar endustries **TKK 41** is the ideal trap for amoniac releasing at high corrosive conditions. **AYVAZ TTK 41 Thermostatic Steam Traps** are designed for applications when the environment is too corrosive. **AYVAZ TTK 41** thermostatic steam traps as well the others are designed, manufactured and tested in accordance with the DIN standards and the relevant German regulations for steam boilers (TRD) and pressure vessels (AD). Thermostatic steam trap with membrane capsule regulator resist against corrosion and unaffected by waterhammer. The differences of **TKK 41** type thermostatic steam traps are the flat type strainer and small body and less discharge capacity and completely stainless steel body. **TKK 41** type is unmaintenance type. **TKK 41 AYVAZ Thermostatic Steam Traps** are ideal traps for pharmaceutical and food industry. These thermostatic steam traps include standard type "S" membrane capsule.



### ÇALIŞMA ŞARTLARI / OPERATING CONDITIONS

Max. Basınç / Max. Allowable Pressure PMA (bar)	55
Max. Sıcaklık / Max. Allowable Temperature TMA (°C)	400
Max. Çalışma Basıncı / Max. Operating Pressure PMO (bar)	45
Max. Fark Basıncı / Max. Differential Pressure PMD (bar)	21
Max. Çalışma Sıcaklığı / Max. Operating Temperature TMO (°C)	250

### AĞIRLIKLAR / WEIGHTS

Bağlantı şekli Connections	Flanşlı Flanged	Dişli Screwed	Kaynak B. Butt weld
Çaplar / Sizes mm		3/8 - 1/2 - 3/4	
Ağırlıklar / Weights kgs		0.3 - 0.3 - 0.3	

### BAĞLANTI ŞEKLİ / CONNECTIONS

Dişli / Screwed	NPT acc. to ANSI B1 20.1 BSP acc. to BS 21
-----------------	-----------------------------------------------

### ÇAPLAR / SIZES

mm	inches
10 - 20	3/8" - 3/4"

### Uygulamalar / Typical Applications

Buhar Ceketli Borular / Steam Jacket Pipelines  
Ütüler / Iron Machines  
Amonyak Atıcılar / Amonium Relaesers

### Montaj / Installation

Her pozisyonda çalışabilen termostatik kondensstoplar, boru hattına her pozisyonda bağlanabilir.  
The steam trap can be fitted on the line in every position and works properly.



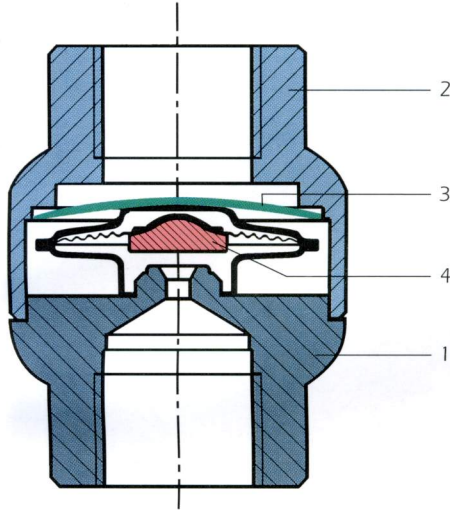
# TKK 41

## Kırmızı Eğri / Red Chart

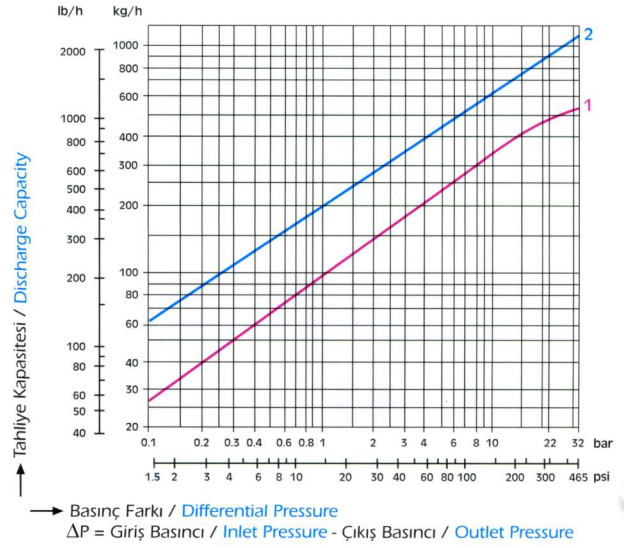
Buhar doyma sıcaklığının max. 10°C altındaki kondens tahliyesi.  
Condensate temp. max. 10°C below steam saturation temp.

## Mavi Eğri / Blue Chart

20°C'de soğuk kondens tahliyesi.  
Cold condensate at a temperature of 20°C.



## Tahliye Miktarları / Discharge Capacities ( 3/8" - 3/4" )

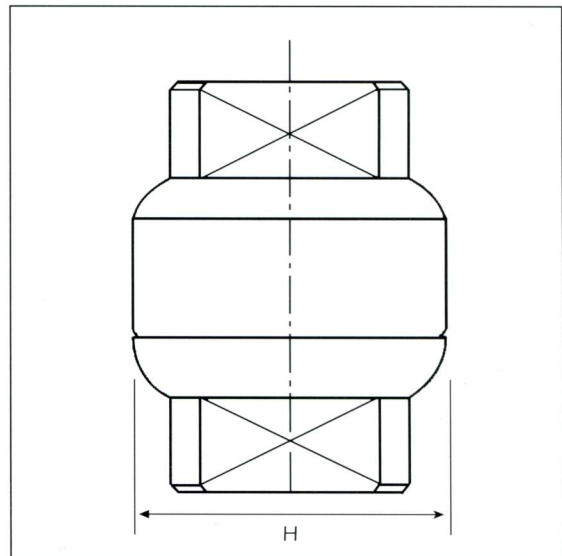
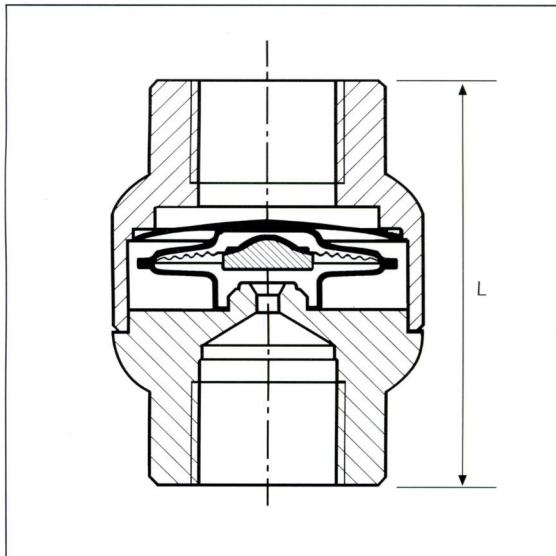


## MALZEMELER / MATERIALS

1	Gövde / Body	Paslanmaz Çelik / Stainless Steel
2	Kapak / Cover	Paslanmaz Çelik / Stainless Steel
3	Filtre / Strainer	Paslanmaz Çelik / Stainless Steel
4	Termostatik kapsül / Thermostatic Capsule	Hastelloy & Stainless Steel

## BOYUTLAR / DIMENSIONS

Çap / Size	L	H
10	55	42
15	55	42
20	55	42



**AYVAZ** HACI AYVAZ ENDÜSTRİYEL MAMÜLLER  
SANAYİ VE TİCARET A.Ş.  
www.ayvaz.com

Atatürk Sanayi Bölgesi, İstasyon Mah. Mustafa İnan Cad. No: 36

34860 Hadımköy - İSTANBUL - TÜRKİYE

Tel : 90(212) 771 01 45 (pbx)

Fax: 90(212) 771 47 27 - 90(212) 771 25 60, e-mail : info@ayvaz.com.tr

DISTRIBUTOR



**DRISTEEM**  
HUMIDIFIER COMPANY

**FISAIR** S.L.

# ESPECIFICACIONES

(FSH-ST-PT)

REALIZADO

L.F.

FECHA

10/99


COMPROBADO

P.R.G.

APROBADO

P.R.R.

HOJA 1 DE 1 HOJAS

*lanzas de vapor* 

DOC. N° 2629

FECHA APROBACION : 7/93

FECHA REVISION : 31/1/91

Longitud Lanza	pies	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10	12
	mm.	150	300	450	600	750	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3600
N° Toberas		5	5	8	12	16	20	28	36	44	52	60	68	76	92
2.30		1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
4.54		1/8	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
9.10		3/16	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
13.80		3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
18.20		3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
22.70		1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
27.30		3/8	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
31.80		3/8	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
36.30		3/8	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16	1/16
40.90			1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/16	1/16	1/16
45.40			1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/16	1/16
56.80			3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
68.10			3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
79.50				3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8
90.80				3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8
102.20				3/8	3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8
113.50					3/8	1/4	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8
124.90					3/8	3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	1/8
136.20					3/8	3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
147.60						3/8	3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
158.90							3/8	3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
181.60							3/8	3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
204.30								3/8	3/8	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
227.00									3/8	1/4	1/4	3/16	3/16	3/16	3/16

Capacidad Kg./h.

## CAPACIDAD POR TOBERA

TAMARO	Kg/h.	DIAMETRO OBSERVACIONES
Ø 1/16"	0.60	15-25 Ø mod. 60/70 solamente
Ø 1/8"	1.40	35 Ø
Ø 3/16"	4.50	5 Ø
Ø 1/4"	5.80	65 Ø
Ø 3/8"	9.10	95 Ø mod. 80 solamente

### NOTAS.-

- 1.- Lanzas que requieran dimensionado múltiple de toberas, el indicado es el más pequeño.
- 2.- Lanzas modelo 60 no se recomiendan en L > 3m.
- 3.- Capacidades indicadas para contrapresión inferior a 7 Kpa. (1p.s.i)
- 4.- En lanzas < 450 reducir un diámetro en la 1ª y última tobera.
- 5.- En lanzas > 450 reducir un diámetro en las dos primeras y dos últimas toberas.
- 6.- Modelos 60/70 con silenciador hasta 1200 mm. inclusive. Modelo 80 nunca con silenciador.

**DIMENSIONADO DE TOBERAS INYECCION DE VAPOR**  
**LANZAS MODELO 60/70/80**

N°

**F-02683**